



Organizadores:
Camila Pinheiro Nobre
Anna Christina Sanazario de Oliveira

Estudos ambientais e agronômicos

Resultados
para o
Brasil

2020



3
Volume

**CAMILA PINHEIRO NOBRE
ANNA CHRISTINA SANAZARIO DE OLIVEIRA
(Organizadores)**

**ESTUDOS AMBIENTAIS E
AGRONÔMICOS
RESULTADOS PARA O BRASIL**

VOLUME 3

**EDITORA PASCAL
2020**

2020 - Copyright© da Editora Pascal

Editor Chefe: Prof. Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho

Edição e Diagramação: Eduardo Mendonça Pinheiro

Edição de Arte: Marcos Clyver dos Santos Oliveira

Bibliotecária: Rayssa Cristhália Viana da Silva – CRB-13/904

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Dr. William de Jesus Ericeira Mochel Filho

Dr^a. Sinara de Fátima Freire dos Santos

Dr^a. Aurea Maria Barbosa de Sousa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E82ca3

Coletânea Estudos Ambientais e Agronômicos: resultados para o Brasil / Camila Pinheiro Nobre e Anna Christina Sanazario de Oliveira (Org). São Luís - Editora Pascal, 2020.

290 f. : il.: (Estudos Ambientais e Agronômicos; v. 3)

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-86707-23-6

D.O.I.: 10.29327/522596

1. Estudos Ambientais. 2. Estudos Agronômicos. 3. Miscelânea. I. Título 1. Estudos Ambientais. 2. Estudos Agronômicos. 3. Miscelânea. I. Nobre, Camila Pinheiro e Oliveira, Anna Christina Sanazario de.

CDU: 82-8

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2020

www.editorapascal.com.br

contato@editorapascal.com.br

APRESENTAÇÃO

Convido ao leitor perfazer o caminho dos 22 trabalhos científicos presentes neste terceiro volume intitulado “Estudos Ambientais e Agronômicos”. Trabalhos esses de diferentes grupos de pesquisas de diversas regiões do Brasil, onde os autores mostram os seus resultados e conclusões percorrendo em diferentes subáreas das Ciências Ambientais e das Ciências Agrárias.

Durante a leitura pode-se constatar que entre os temas estão estudos sobre impactos ambientais, estudo de cultivares agrícolas, estudo do solo, biocombustíveis, microbiologia, tratamento de resíduos sólidos, processamento de alimentos, ecoturismo, gestão ambiental, saneamento ambiental e morfologia vegetal. Contribuindo com diferentes subáreas das duas grandes áreas contempladas.

Destaca-se a importância destas pesquisas, principalmente, no que tange a sustentabilidade, no sentido de mitigar problemas ambientais e agronômicos. Trabalhos, com este cunho, sempre serão bem-vindos, já que a sustentabilidade não apenas favorece o meio ambiente, como também contribui para o aumento da produtividade das empresas e diminuindo gastos.

No mais, desejamos a você uma boa leitura!

Camila Pinheiro Nobre

Anna Christina Sanazário de Oliveira

Sumário

CAPÍTULO 1..... 10

AS QUEIMADAS NO ESTADO DO MARANHÃO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Felicia Maria Melo Aragão
Hellen Dianne Pereira de Souza
Luís Jorge Mesquita de Jesus

CAPÍTULO 2..... 19

QUANTIFICAÇÃO DE ATP POR BIOLUMINESCÊNCIA PARA ESTIMAR CARGA MICROBIANA EM COMBUSTÍVEIS

Adriane Ramos Zimmer
Fátima Menezes Bento

CAPÍTULO 3..... 40

CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AS CONDIÇÕES DE SEMIARIDEZ NO ESTADO DO MARANHÃO

Fernando José Pereira Ferreira
Admo Ramos Silva Júnior
Lucilara Rodrigues Mendes
Clênya Carla Leandro de Oliveira
Rodrigo Barbosa Silva
Palloma Cristinne de Castro Bastos
Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes

CAPÍTULO 4..... 50

PROCESSO DE COMPOSTAGEM COMO ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS PROVENIENTE DE RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

Liciane Oliveira da Rosa
Tatiana Porto de Souza
Eduarda Gomes
Karine Fonseca de Souza
Jayne da Silva Andrade
Maiara Moraes da Costa
Vanessa Faria de Oliveira
Luciara Bilhalva Corrêa
Érico Kunde Corrêa

CAPÍTULO 5..... 60

AVALIAÇÃO DA DEMANDA ENERGÉTICA NO PROCESSO DE SECAGEM ARTIFICIAL DA PIMENTA DO REINO EM DIFERENTES TEMPERATURAS

Jarlyr Vieira dos Santos
Saulo Inglis Marinho
Felipe da Cunha Flores
José Renan da Silva e Silva
Magnum Antonio Penariol da Silva

CAPÍTULO 6..... 73

O ECOTURISMO COMO AÇÃO PEDAGÓGICA NA PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Francielle Oliveira de Vargas da Silva
Danielle Carneiro Duarte Grassi
Claudio Henrique Kray
Denirio Itamar Lopes Marques
Luciano Belcavello

CAPÍTULO 7..... 81

CERTIFICAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL NAS EMPRESAS SOB A ÉGIDE DAS NORMAS ISO 14001 E ISO 14004

Carmino Hayashi
João Paulo Moraes Rabelo
Fabrícia Araújo Silva

CAPÍTULO 8..... 94

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS E DE INTENÇÃO DE COMPRA DE UMA CERVEJA COM E SEM ADIÇÃO DE AÇÚCAR NA REFERMENTAÇÃO

Kataryna Pinheiro Zang
Raiane de Carvalho Barros
Paulo Henrique Dalto
Milena Samara da Luz
Samuel Barros Pires

CAPÍTULO 9..... 101

INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS COM USO DE COAGULANTES ORGÂNICOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

Edilaine Regina Pereira
Rodrigo Shoji Nakano
Victor Oliveira Silva Gonçalves
Fellipe Jhordã Ladeia Janz
Orlando de Carvalho Junior

CAPÍTULO 10..... 108

DIMENSIONAMENTO DE WETLAND PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS E SEU REAPROVEITAMENTO

Sabrina de Melo Silva
Thaís Camila Vacari

CAPÍTULO 11..... 115

RECUPERAÇÃO E MONITORAMENTO DE NASCENTES UTILIZANDO ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO DE BARREIRINHAS, MARANHÃO

Jessica Silva Oliveira

Maria Lourença Costa Ribeiro

Éville Karina Maciel Delgado Ribeiro Novaes

CAPÍTULO 12..... 131

DINÂMICA DA ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO SOB DIFERENTES AGROSSIS-TEMAS NO CERRADO BAIANO

Vitória Oliveira Andrade

Inglid Laís Batista Cunha de Souza

Gabriel Amorim Luduvico

Thais dos Santos Rodrigues

Cristiane Nair Fabrício Nunes

CAPÍTULO 13 139

PEÇAS POROSAS DE ZnO OBTIDAS A PARTIR DE FASE DE SACRIFÍCIO APLICADAS A PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA DESPOLUIÇÃO

Maisa Helena Mancini

Lucca Monteiro Silva Semensato

Luis Fernando Baldo Estorari

Sylma Carvalho Maestrelli

CAPÍTULO 14..... 151

EFEITOS DA INSERÇÃO DE CHÁS NO COTIDIANO DA COMUNIDADE ACADÊMICA DO IFRN EM IPANGUAÇU-RN

Romildo de Lima Amaro

Claudeone Manoel do Nascimento

João Luiz Lima

Francisco Izaac Silva Augusto

CAPÍTULO 15..... 158

EFEITO DA BIOESTIMULAÇÃO E BIOAUMENTAÇÃO NA COMUNIDADE MICROBIANA DURANTE A BIOREMEDIÇÃO DE UM SOLO CONTAMINADO COM BORRA OLEOSA

Vanessa Sacramento Cerqueira

Patrícia Dörr de Quadros

Maria do Carmo Ruaro Peralba

Flávio Anastácio de Oliveira Camargo

Fátima Menezes Bento

CAPÍTULO 16..... 179

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CULTIVARES DE SOJA COM E SEM APLICAÇÃO DE POTÁSSIO NA SEMEADURA

Acássio Nadson Gomes Freitas
Andressa Missele Palsikowski
André Ivo de Oliveira Souza
Alberto do Nascimento Silva
Cleuber Sousa de Oliveira
Daniel Souza Barboza
Elaine de Souza Prado
Marilucia de Jesus Gomes
Naiara Paes Landim da Silva
Rillary Bianca de Oliveira Alves

CAPÍTULO 17..... 185

**MORFOMETRIA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE *Amburana cearensis* (FR.ALL.)
A.C. SMITH**

Aderlaine Carla de Jesus Costa
Sabrina Gonçalves Vieira de Castro
Luiz Henrique Arimura Figueiredo
Cristiane Alves Fogaça

CAPÍTULO 18..... 193

ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE BARRAGENS: ANÁLISE E APLICAÇÃO EM ÁREAS IR-RIGADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SAMAMBAIA, NO MUNICÍPIO DE CRISTALINA, ESTADO DE GOIÁS

Bruno Vicente Marques
Alécio Maróstica
Gerson Araújo de Medeiros

CAPÍTULO 19..... 210

EFEITO DE PLANTAS FITORREMEIADORAS SOBRE O QUOCIENTE MICROBIANO (qMic) NO SOLO DO OESTE DA BAHIA

Thais dos Santos Rodrigues
Thales Roberto Brandão Malheiros Almeida
Vitória Oliveira Andrade
Wanessa Almeida da Silva
Ronierix Ribeiro de Souza
Thiago Lacerda dos Santos
Alberto do Nascimento Silva
Cristiane Nair Fabricio Nunes

CAPÍTULO 20..... 220

PROTEÍNA BRUTA EM CAPIM BERMUDA EXCLUSIVO E SOBRESSEMEADO COM AVEIA E AZEVÉM

Arthur Carniato Sanches
Fernando Campos Mendonça
Fernanda Lamede Ferreira de Jesus
Monalisa Soares Costa
Débora Pantojo de Souza
Jannaylton Éverton Oliveira Santos
Jéssica Garcia Nascimento
Luciana Aparecida Maurício da Silva
Christopher de Oliveira Alves
Rayane Moreno Waterkemper

CAPÍTULO 21 231

CARACTERIZAÇÃO DE MICROCLIMA EM CULTIVO DE CAFEEIROS CONSORCIADOS COM ESPÉCIES NATIVAS DA MATA ATLÂNTICA

Murillo Cazelato Colombo
Elizeu David dos Santos
Heverly Moraes
Patrícia Helena Santoro
Joaquim André

CAPÍTULO 22..... 246

AVALIAÇÃO DO REGIME DE PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DO MARANHÃO EM RESPOSTA A UM EXTREMO POSITIVO NO CAMPO DE GELO MARINHO ANTÁRTICO

Thalita Mirian Santos Furtado
Wesley Barbosa Lima Barbosa
Atila Vinícius Oliveira Rocha
Adilson Matheus Borges Machado
Cláudia Klose Parise

AUTORES 262

ORGANIZADORAS..... 289

CAPÍTULO 1

AS QUEIMADAS NO ESTADO DO MARANHÃO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

BURNS IN THE STATE OF MARANHÃO AND CLIMATE CHANGE

**Felicia Maria Melo Aragão
Hellen Dianne Pereira de Souza
Luís Jorge Mesquita de Jesus**

Resumo

O estudo facultou-se a partir de problemas climáticos e a análise está embasada em alguns conceitos, tais como: O Plano Nacional Sobre Mudança do Clima (PNMC), que tem o objetivo de elaborar, implementar e aperfeiçoar as políticas públicas pertinentes à preservação do meio ambiente; o Boletim Mensal do Programa de Monitoramento e Risco de Queimadas e Incêndios Florestais, a ONU (Organização das Nações Unidas), o IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas), que promovem avaliações regulares e ações preventivas sobre mudanças climáticas. O aquecimento global e às possíveis consequências a ele relacionadas, como o aumento da temperatura média do Planeta, o derretimento do gelo polar, o aumento do nível do mar, a concentração dos Gases do Efeito Estufas (GEEs) vem aumentando devido a ações antrópicas. No Brasil é comum o uso do fogo na implantação e manejo de culturas agrícolas, na criação e manutenção de pastos (Piromal et al., 2008). O estado do Maranhão possui sete microrregiões: Baixada maranhense, Cerrados, Chapadões, Planaltos, Cocais, Amazônia e Litoral, sendo possível identificar quatro tipos climáticos no estado, fazendo parte da Amazônia Legal, encontra-se em uma área de transição de biomas Amazônia e Cerrado, possui elevada diversidade do ecossistema e biodiversidade, a diversidade é devido ao clima e as feições fitogeográficas e climatológicas é de cada área.

Palavras chave: Queimadas, Impactos, Mudança Climática, SEMA.

Abstract

The study was based on climatic problems and the analysis is based on some concepts, such as: The National Plan on Climate Change (PNMC), which aims to develop, implement and improve public policies relevant to the preservation of the environment. environment; the Monthly Bulletin of the Program for Monitoring and Risk of Burns and Forest Fires, the UN (United Nations), the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), which promote regular assessments and preventive actions on climate change. Global warming and the possible consequences related to it, such as the increase in the average temperature of the Planet, the melting of polar ice, the increase in sea level, the concentration of Greenhouse Gases (GHGs) has been increasing due to anthropic actions. In Brazil, it is common to use fire in the implantation and management of agricultural crops, in the creation and maintenance of pastures (Piromal et al., 2008). The state of Maranhão has seven microregions: Baixada Maranhão, Cerrados, Chapadões, Plateaus, Cocais, Amazonia and Litoral, being possible to identify four climatic types in the state, part of the Legal Amazon, is in a transition area of Amazon and Cerrado, has high diversity of the ecosystem and biodiversity, the diversity is due to the climate and the phytogeographic and climatological features are of each area.

Key-words: Burning, Impacts, Climate Change, SEMA



1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais tem sido um assunto pertinente nas pautas de grandes encontros mundiais e muito desafiador, pois considerando muitos estudos e os relatórios advindos do Painel Intergovernamental Sobre a Mudança do Clima (IPPC) apontam que as ações antrópicas são um dos responsáveis por ocasionar tais mudanças e dessa maneira tem demandado ações mais enérgicas para que a sua mitigação seja efetiva e eficiente. O Plano Nacional Sobre Mudança do Clima (PNMC) tem como objetivo elaborar, implementar e aperfeiçoar as políticas públicas que são pertinentes à preservação do meio ambiente.

O uso intensivo do solo para o aumento da produção, tem elevado o nível de competitividade dos produtos, favorecendo o crescimento da economia e fomentando sempre o desenvolvimento sustentável, com isso o torna-se importante a identificação das alterações ambientais e climáticas ocorridas, de forma a contribuir nas tomadas de decisões quanto ao planejamento adequado, observando a importância da vegetação para a qualidade de vida do ser humano. A mudança do clima afeta a distribuição e a estrutura da vegetação global e influencia de maneira significativa no clima regional e servem para subvencionar o planejamento urbano (Ayoade et al.,1991).

2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é evidenciar que as mudanças climáticas do Brasil, especificamente no Estado do Maranhão, tem sofrido alterações negativas devido a ações humanas na realização periódicas de queimadas, as normais climatológicas demonstraram elevadas temperaturas nas últimas décadas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Os elementos climáticos como: temperatura, pressão, umidade, precipitação, vento, são influenciados por características geográficas da paisagem, diferenciadas pela localidade e são fundamentais para reconhecer a dinâmica do meio físico. A vegetação serve como regulador de umidade e temperatura de uma região. Em áreas florestadas, a infiltração de água no solo é mais eficiente, ocasionando maior disponibilidade de água no solo em algumas regiões, o que torna a evaporação e evapotranspiração mais rápida, deixando o ambiente mais úmido e frio.

As alterações climáticas no Brasil apresentadas no cenário atual, é uma con-



sequência, pois tendem a acompanhar as mudanças climáticas globais mais relevantes como elevação da temperatura, modificação nos padrões de chuvas e sua distribuição, provocando assim severas secas, enchentes e inundações em determinadas localidades, considerando algumas áreas que são mais secas no interior, enquanto a umidade prevalece na costa leste região. O estado possui uma área de 331.935,5 km², com uma população atual de 6.574.789 sua densidade populacional gira em torno de 19,81 há./km², a população urbana é de 4.147.149 habitantes (IBGE,2010).

O Maranhão encontra-se em uma área de transição de biomas Amazônia e Cerrado, descrito pela elevada diversidade do ecossistema e dessa forma, é propenso a ter feições fitogeográficas e climatológicas de cada região. O Maranhão possui sete microrregiões: Baixada maranhense, Cerrados, Chapadões, Planaltos, Cocais, Amazônia e Litoral, sendo possível identificar quatro tipos climáticos no estado, inclusive a região leste do estado que possui seis meses de padrão semi-árido, biodiversidade diversificado o solo maranhense, devido o clima semiúmido. As quatro variações climáticas são: Equatorial: quente (média maior que 18°C em todos os meses); Úmido (3 meses secos); Tropical Brasil Central: quente (média maior 18°C em todos os meses), semiúmidos (4 a 5 meses secos); Tropical Zonal Equatorial: quente (média maior que 18°C em todo os meses), semiárido (6 meses secos); Tropical Zonal Equatorial: quente (média maior que 18°C em todos os meses), semiúmidos (4 a 5 meses secos).

4. METODOLOGIA

O estudo realizado se baseou em consultas bibliográficas, onde foram utilizados artigos e coleta de dados em sites sobre focos de queimadas (ou dado similar) para o estado do Maranhão, o que é disponibilizado gratuitamente pelo site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), mostrando que as mudanças climáticas tem relações com a interferência antrópica.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O aquecimento global e as possíveis consequências a ele relacionadas, como o aumento da temperatura média do Planeta, o derretimento do gelo polar, o aumento do nível do mar, a concentração dos gases do efeito estufa (GEEs), vem aumentando devido a ações antrópicas. Os principais deles são o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄), sendo o primeiro responsável por 80% do aquecimento causado pelo ser humano, enquanto o segundo, que é 21 vezes mais potente que o dióxido de carbono, tem aumentado em quantidade de cerca de 1% ao ano nas últimas décadas. A emissão de dióxido de carbono é resultante da queima de combustíveis fósseis como o carvão, petróleo e o gás natural. As fontes de emissão do



metano são decorrentes da atividade agrícola, desflorestamento e queima de biomassa, enquanto o óxido nitroso é emitido pelo uso de fertilizantes e por atividades industriais.

Os dados presentes nesta pesquisa indica que as queimadas são fenômenos anuais, que ocorre em um intervalo temporal, o monitoramento ocorreu no período de (1998 a 2016), tendo um índice de ocorrências dos focos de queimadas no período de estiagem, expondo alguns tipos de solo, ocasionando também muita fumaça que é um material particulado fino, decorrentes de queimadas e que provoca sérios problemas respiratórios entre outros problemas de saúde. No Brasil é frequente o uso do fogo, pois é uma prática utilizada na implantação e no manejo de culturas agrícolas de grande e pequeno porte, na criação e manutenção de pastos (Piromal et al., 2008).

O estado do Maranhão lidera o ranking de queimadas entre os estados do nordeste, o uso prolongado da queimada pode provocar desertificação, que é articulado pela ocorrência da precipitação (Silva Junior et al., 2015). De acordo com a figura 1, é possível observar os dados temporais das queimadas no Maranhão.

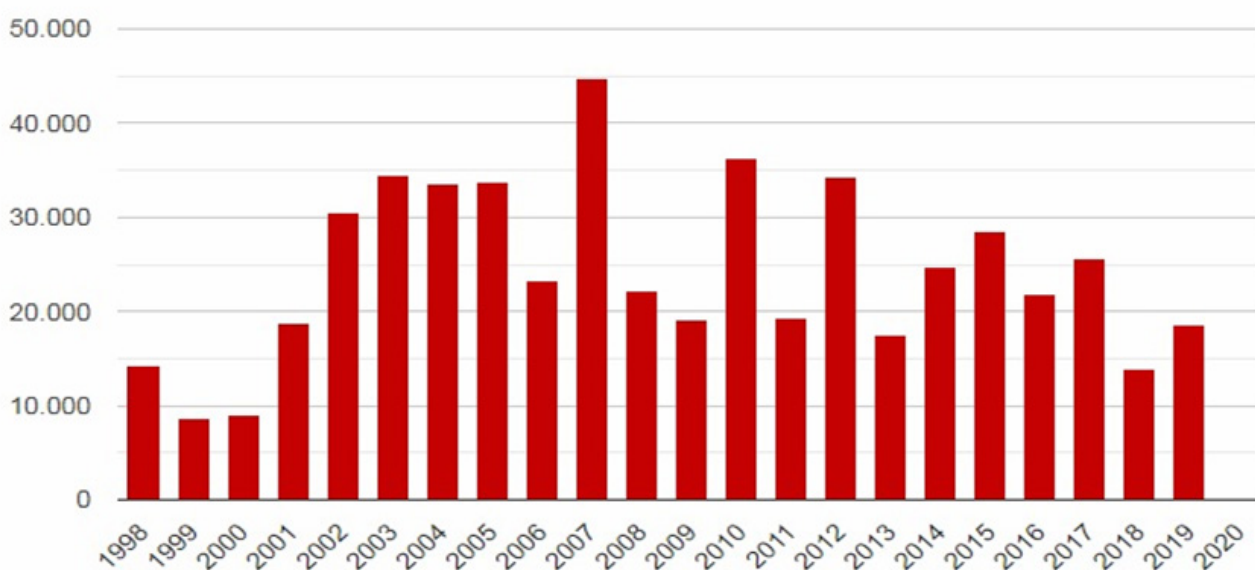


Figura 1 – Série histórica – MARANHÃO - Queimadas
Fonte: SEMA (2020)

As queimadas têm se tornado um grande problema ambiental, pois quando não é controlado causa grandes incêndios florestais com danos irreversíveis ao ecossistema, afetando diretamente o meio ambiente e provocando alterações climáticas. No segundo trimestre de 2019, de acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do Programa Queimadas, que consiste em um monitoramento via satélite, evidencia que cinco dos municípios do estado onde há ocorrências de queimadas, possuem Unidades de Conservação (UC) e terras indígenas.

O então governador do estado do Maranhão Flávio Dino, visando também prevenir situações críticas a queimadas e ao grande número de foco de incêndios, proibiu o uso de fogo para limpeza e manejo de áreas em todo o estado seja em áreas agropastoris como em florestas legalizadas, deve ser substituídas por práticas sustentáveis, contudo, uma autorização especial concedida pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) para o uso e manejo da terra, de acordo com o corpo técnico do Corpo de Bombeiros.

Na figura 2 que segue, é possível observar que o Maranhão tem um expressivo destaque quanto ao número de focos de queimadas, o período da estiagem é bastante favorável para o surgimento de focos de incêndio, elevando a temperatura no planeta como também da Superfície do Mar nas proximidades da costa sul americana, provocando anomalias negativas, característico do fenômeno La Niña segundo a agência americana de atmosfera e oceanos (NOAA).

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
1998	-	-	-	-	-	78	276	1177	3933	5140	2235	1396	14235
1999	54	6	17	4	3	32	258	897	1739	3207	1494	1001	8712
2000	19	11	6	6	28	94	233	839	1364	2654	2267	1462	8983
2001	29	1	-	2	21	101	549	2035	4550	6597	3521	1290	18696
2002	49	116	16	28	71	227	1675	3789	5543	7152	8421	3377	30464
2003	575	13	24	112	236	865	2675	2407	7799	8588	7536	3718	34548
2004	338	24	43	98	324	818	1677	2426	6807	5386	10348	5296	33585
2005	674	73	19	99	108	662	1984	3118	7805	8704	6670	3775	33691
2006	386	36	19	20	89	520	1416	2416	3782	4270	6879	3469	23302
2007	634	21	89	76	294	1477	2786	10780	11245	9694	5191	2478	44765
2008	203	59	6	40	101	687	1542	1777	3575	5018	5728	3386	22122
2009	400	30	39	27	25	312	1182	2181	3107	2839	6505	2485	19132
2010	457	104	129	143	300	1225	2601	6826	11813	4095	6082	2502	36277
2011	195	14	43	46	98	689	1159	2192	5086	3171	4038	2584	19315
2012	461	84	54	114	370	987	3693	10519	7376	5911	2644	2086	34299
2013	316	72	45	83	132	603	1332	2374	4312	3221	2368	2597	17455
2014	291	17	40	66	140	786	2027	5338	4357	5574	3710	2329	24675
2015	458	78	41	103	184	850	1616	5411	5502	6387	4159	3647	28436
2016	395	268	70	103	186	693	2182	3849	3109	5617	3826	1491	21789
2017	178	44	32	90	157	644	1973	3001	9243	4538	2706	2970	25576
2018	281	15	93	50	203	738	1457	2833	3177	1832	2309	904	13892
2019	712	74	57	63	139	749	1078	3366	3667	3645	3158	1813	18521
2020	86	72	39	93	231	-	-	-	-	-	-	-	521
Máximo*	712	268	129	143	370	1477	3693	10780	11813	9694	10348	5296	44765
Média*	338	55	44	65	153	629	1608	3616	5404	5147	4627	2548	24203
Mínimo*	19	1	6	2	3	32	233	839	1364	1832	1494	904	8712

Figura 2 – Focos de Queimadas por mês de 1998 a 2020
Fonte: SEMA (2020)

O uso da base de dados do Programa Queimadas do (INPE), para obtenção de informações sobre focos de incêndios, possibilita o alerta de emergência, informando situações críticas. Os resultados de acordo com o padrão de ocorrência, é possível observar constantes focos de queimadas, predominantemente no segun-

do semestre de cada ano e que corresponde ao período de estiagem. O município maranhense de ocorrência de estiagem prolongada no período de 2010 e 2016 foi Grajaú, seguida pelos municípios: Centro Novo do Maranhão, Bom Jardim, Itinga do Maranhão, Açailândia, Turilândia, Buriticupu, Santa Luzia, Cândido Mendes e Balsas, sendo que vários outros municípios maranhenses também decretaram estado de emergência como resposta à estiagem (Silva et al.,2017).

O programa de monitoramento de desmatamento dos biomas brasileiros via satélite, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através do seu artigo 3º de 28/06/1990, juntamente com o código florestal de Lei Federal de nº12.651 de 25/05/2012 têm a finalidade de minimizar, quantificar, coibir ações de desmatamentos ilegais, inibir as queimadas e manter a mata nativa. Dessa maneira, as tomadas de decisões são estabelecidas qualificando o ar de modo que este pode ser afetado caso a concentração de poluentes atmosférico ultrapasse os limites, prejudicando assim a saúde, a segurança e o bem-estar do ser humana, comprometendo também a fauna, a flora e o ao meio ambiente em geral.

A ONU (Organização das Nações Unidas) através do órgão chamado IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) composto por delegações de 130 países têm promovido avaliações regulares e ações preventivas sobre mudanças climáticas. A criação desse órgão se deu pela percepção de que as atividades humanas exercem forte influência sobre o clima global. O processo de mudança climática do espaço geográfico brasileiro está interligado com o crescimento acelerado da humanidade, que aliado aos avanços científicos, o uso da biotecnologia, a urbanização, industrialização, o desmatamento, as queimadas a agropecuária, a exploração de recursos, tem aumentado significativamente os fatores de degradação ambiental e tais impactos têm acelerado a processo de degradação da natureza (IPCC, 2012).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização desse trabalho, entende-se que o espaço geográfico é gerado pela relação entre sociedade e natureza, nessa perspectiva, a solução ambiental não pode ser segregada dos problemas socioambientais, ou seja, criar um modelo de desenvolvimento sustentável sem que os fatores ambientais, sociais e econômicos estejam interligados. A redução das áreas verdes pelas queimadas ou por qualquer outro meio, ocasiona impactos direto que interfere na temperatura, conseqüentemente o conforto térmico local ou regional será modificado. O fator clima influencia na determinação da distribuição de vegetação e suas características globais pois a identificação dos impactos ambientais e o incentivo a pesquisa é possível traçar metas que minimizem os impactos, reduzindo assim os custos no processo de mitigação (Silva et al.,2017).

As queimadas decorrentes não são só do período de estiagem que anualmente



ocorrem no Maranhão, mas o período de baixíssima precipitação proporciona condições ambientais favoráveis para a intensificação das queimadas que ocorrem no estado, eleva de forma brusca a temperatura, modifica o ciclo hidrológico, causa doenças respiratórias entre outros problemas de saúde. O planejamento territorial, planos de ações de combate/prevenção as queimadas e ao desmatamento, educação ambiental nas escolas, nas comunidades, utilizando os meios de comunicação em massa, uma eficiente fiscalização, a informação baseada em dados diários contribuem para diminuir os impactos maximizando a capacidade do indivíduo lidar com o problema, adaptando-se as mudanças, superando os obstáculos ou resistindo à pressões de situações adversas e obtendo êxito da implementação de medidas de adaptação (Silva et al., 2017).

Referências

AYOADE, John O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332 p

BRASI – PLANO NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA – PNM. **Mudanças Climáticas**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf> Acesso em 06 de outubro de 2019.

CÓDIGO FLORESTAL DE LEI FEDERAL de nº12.651 de 25/05/2012. **Lei Civil Federal**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm Acesso em 5 de outubro de 2019

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE Complementada pela Resolução nº 08, de 1990 e Revogada pela Resolução nº 491/2018. **Lei Ambiental**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>> Acesso em 5 de outubro de 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do Senso Demográfico 2010**. - Disponível em < <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=21&dados=0> > Acesso em 5 de outubro de 2019.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Queimadas**. Disponível em: <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas//>> Acesso em 5 de outubro de 2019.

IPCC – PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE A MUDANÇA DO CLIMA, 2012. **Mudança do Clima**. Disponível em: < <https://www.ipcc.ch/>> Acesso em 06 de outubro de 2019.

NOAA – NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Climate Change in the Oceans**. Disponível em: <<https://www.noaa.gov/>> Acesso em 06 de outubro de 2019.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>> Acesso em 06 de outubro de 2019

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Mudanças Climáticas**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/mudanca-climatica//> Acesso em 06 de outubro de 2019.

PIROMAL, Rodrigo Alexandre Sbravatti et al. **Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia**. Acta Amaz. [online]. 2008, vol.38, n.1, pp.77-84. ISSN 1809-4392

SEMA – SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **Queimadas no Maranhão**. Disponível em: <<https://www.sema.ma.gov.br/dados-sobre-queimadas/>> Acesso em 24 de junho de 2020.

SILVA, M. N. et al. **A seca no Maranhão no período de 2010 a 2016 e seus impactos**. Parc. Estrat. Brasília-DF, v. 22, n. 44, p. 119-138, jan-jun, 2017.

SILVA JUNIOR, C. H. L. et al. **A zona de transição entre a Amazônia e o Cerrado no estado do Mara-**



nhão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO, João Pessoa. Anais: INPE, 17,2015.

SOLOMON, S. et al. **Climate Change** 2007: the physical science basis. contribution of working group i to the fourth assessment report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.



CAPÍTULO 2

QUANTIFICAÇÃO DE ATP POR BIOLUMINESCÊNCIA PARA ESTIMAR CARGA MICROBIANA EM COMBUSTÍVEIS

ATP-BIOLUMINESCENCE TO QUANTIFY MICROORGANISMS IN FUEL

Adriane Ramos Zimmer

Fátima Menezes Bento

Resumo

A contaminação microbiana em tanques de armazenamento de combustíveis pode afetar a qualidade do produto durante armazenamento prolongado. A técnica de quantificação do ATP por bioluminescência tem sido utilizada para estimar a carga microbiana em diferentes áreas, incluindo combustíveis. Neste estudo avaliamos a possibilidade de utilizar um KIT simplificado de ATP-bioluminescência para monitoramento de microrganismos em água drenada de tanques de armazenamento de Diesel B, em tempo real. Inicialmente, o kit foi utilizado para quantificar a carga microbiana em diluições de um inóculo de *Pseudomonas sp.* e de um inóculo misto em diferentes matrizes aquosas. As leituras obtidas pelo método do ATP foram correlacionadas com a técnica padrão de contagem em placa. Para diluições do inóculo de *Pseudomonas sp.* em solução salina e água destilada a correlação entre os métodos foi alta ($r=0,96$ e $r=0,98$ respectivamente) e o coeficiente de variação (CV), baixo (9% e 7% respectivamente). Para as diluições do inóculo misto em água ultra-pura a correlação foi baixa ($r=0,87$) e o CV aumentou (44%). Para diluições do mesmo inóculo em água com traços de combustível e em água drenada de um tanque de armazenamento não foi possível obter uma correlação ou observar bioluminescência, respectivamente. Nas condições deste estudo, o kit utilizado foi mais sensível para detecção de contaminação, comparado com a técnica padrão, porém para a detecção da carga microbiana em água de drenagem de tanques será necessário o emprego de técnicas adicionais e a extração prévia das células da matriz.

Palavras chave: ATP- Bioluminescência, mistura diesel/biodiesel, estabilidade ao armazenamento, contaminação microbiana, tempo de residência.

Abstract

Microbial contamination in long term stored diesel fuel is considered one of the main problems related to maintaining the quality of stored fuels. The use of ATP to assess bioburdens in stored fuels has been proposed as alternative to conventional microbial methods. In this study we evaluated the feasibility of using a commercial ATP -bioluminescence test kit for rapid determination bioburdens in water, to monitoring bioburdens in bottom water from biodiesel blend storage tanks. At the laboratory the kit was used to quantify bioburdens in a 10-fold dilutions from a *Pseudomonas sp.* inoculum and from a non-characterized inoculum in different aqueous phase. Our ATP test readings was compared with plate count method (CFU/mL). To dilutions from *Pseudomonas sp.* inoculum in saline solution or distilled water we verify a high correlation coefficient ($r=0,96$ e $r=0,98$ respectively) between both methods and a low variation coefficient (CV= 9% e CV=7% respectively). To dilutions from a non-characterized inoculum in distilled water we verify a smaller correlation coefficient ($r=0,87$) and the CV (44%) increased. To the same inoculum diluted in water with fuel trace it was not possible correlate both methods. For dilutions in a real bottom water it was not possible run the ATP test. The kit evaluated was more sensitive to detect bioburdens in water compared to conventional method. However, to bioburdens detection in bottom water fuel tanks it will be necessary to use additional techniques, such extraction of the cells from matrix.

Key-words: ATP- Bioluminescence; diesel/biodiesel blend, stored stability, microbial contamination, long term storage.



1. INTRODUÇÃO

O óleo diesel brasileiro é atualmente uma mistura de diesel/biodiesel (12-15% biodiesel). Esta mistura é particularmente suscetível à degradação química e microbiana especialmente durante seu armazenamento (BENTO *et al.*, 2016; CAVALCANTI *et al.*, 2019). Na ausência de rotinas de manutenção adequadas, uma fase aquosa pode se acumular no fundo dos tanques, permitindo o estabelecimento de condições ideais para o desenvolvimento de comunidades microbianas. Estas comunidades se desenvolvem principalmente na interface óleo/água, porém células microbianas podem ser encontradas em ambas as fases, sendo a fase aquosa geralmente a mais contaminada (Zimmer *et al.* 2017; Passman, 2013). As consequências deste desenvolvimento são o surgimento de problemas operacionais, como a saturação prematura de filtros e elementos filtrantes em decorrência do acúmulo de biomassa e lodo; alterações das propriedades do combustível (corrosividade e estabilidade química), devido a produção de metabólitos, como ácidos orgânicos e inorgânicos (H_2S); a degradação do combustível e aditivos e o incremento do volume de água (RAJASEKAR *et al.*, 2007; WHITE *et al.*, 2011; PASSMAN, 2013; BENTO *et al.* 2016; CAVALCANTI *et al.*, 2019). Os problemas decorrentes desta contaminação podem variar conforme o tempo de residência do combustível no tanque. Danos ao sistema, como a corrosão do tanque (devido ao contato prolongado com a água e metabólitos ácidos) e entupimentos (pelo acúmulo de biomassa) são mais comuns em sistemas com alta rotatividade. Nos sistemas de baixa rotatividade, onde o combustível permanece armazenado por um período superior a 30 dias, como no caso de geradores e máquinas agrícolas, ocorre ainda a biodeterioração do combustível, que, muitas vezes, resulta na falha destes equipamentos (CHESNEAU, 1988; PASSMAN, 2013).

Uma vez que é impossível manter o sistema completamente livre da contaminação microbiana é necessário que se estabeleçam estratégias para administrar o problema, visando a sua minimização. Uma estratégia efetiva de controle do desenvolvimento microbiano em tanques de armazenamento é o estabelecimento de um cronograma rígido de rotinas de manutenção, que inclui a drenagem da água, a filtração do combustível e também a realização de testes rápidos que monitoram a qualidade do combustível. Como parte das rotinas de manutenção, algumas empresas realizam a centrifugação do combustível, que permite a separação da água e particulados e facilita a drenagem posterior. Outras empresas, que necessitam estocar seu combustível (transporte coletivo; transportadoras, postos, etc.), adotam como medida preventiva a filtragem pelo sistema de filtro-prensa e drenagens frequentes. A adoção destas medidas, no entanto, pode ser muito desafiadora, particularmente nos casos de tanques subterrâneos, devido a peculiaridades como os formatos de fundo e inclinação, que podem ou não facilitar a drenagem e/ ou coleta de amostras. É importante salientar que cada sistema é único em suas características, demandando estratégias personalizadas para um controle eficiente especialmente quando a contaminação já está instalada no sistema.



Recomendações e procedimentos sobre as “Boas Práticas” específicas para a manutenção da qualidade do diesel B (mistura diesel-biodiesel) estão disponíveis na norma brasileira ABNT NBR 15552-08 e no manual “*Procedimentos para manutenção do diesel B*”, produzido pela CNT (Confederação Nacional dos Transportes) em 2011. Além destas, também há uma norma ASTM (inglês) publicada como “Manual de Combustíveis e Microbiologia de Combustíveis- Fundamentos, Diagnóstico e Controle da Contaminação” (Passman, 2003). A primeira norma brasileira que trata sobre contaminação microbiana foi publicada em 2019, ABNT NBR 16732-19 - Combustíveis líquidos e sistemas associados — Requisitos para prevenção, monitoramento e controle de contaminação microbiana, baseada na ASTM 6469-11 e traz aspectos conceituais sobre o tema, destacando a necessidade de se incluir testes microbiológicos como estratégia de monitoramento da qualidade de combustíveis armazenados. Estes testes têm como objetivo auxiliar no diagnóstico de risco do sistema, através da estimativa de densidade microbiana, tanto na fase oleosa, quanto na aquosa (PASSMAN, 2009; 2013; BENTO *et al.*, 2010; BENTO *et al.*, 2016; PASSMAN *et al.*, 2019).

Muitos desafios estão associados à detecção e enumeração de microrganismos em óleo ou em sistemas óleo/água e inspeções visuais rápidas, podem facilmente induzir a diagnósticos enganosos, uma vez que mesmo um combustível límpido pode apresentar uma alta densidade microbiana (GEVA *et al.*, 2007; KEASLER *et al.*, 2011, DODOS *et al.*, 2012; PASSMAN, 2013, ZIMMER & BENTO, 2020). A metodologia tradicionalmente utilizada para detecção e quantificação da contaminação nestes sistemas inclui a filtração do combustível em membrana 0,22µm e posterior contagem em placa (IP385-99), contudo, os resultados podem demorar até 7 dias, reduzindo as chances de se implementar uma ação corretiva eficaz. Outra limitação deste método é o fato de ser cultura-dependente, o que faz com que apenas uma pequena fração dos micro-organismos seja detectada (1%) por cultivo. Por esta razão, métodos independente de cultura, que permitem uma cobertura mais ampla da diversidade microbiana e a possibilidade de se obter o resultado em tempo real vêm ganhando destaque em diferentes setores (PASSMAN, 2020).

Um método independente de cultura que tem sido sugerido por muitos pesquisadores para detecção e quantificação da contaminação microbiana em combustíveis é o teste de quantificação de ATP (Trifosfato Adenosina) por bioluminescência, descrito na norma americana ASTM D7687-11-Standard Test Method for Measurement of Cellular Adenosine Triphosphate in Fuel, Fuel/Water Mixtures, and Fuel-Associated Water with Sample Concentration by Filtration, publicada em 2011 (PASSMAN, 2007; 2009; 2013; PASSMAN & EACHUS, 2007; ENGLISH, 2007; GEVA *et al.*, 2007; KEASLER *et al.*, 2011; DODOS *et al.*, 2012). O uso desta metodologia também tem sido proposta em alternativa ao método microbiológico tradicional para fazer o monitoramento da carga microbiana em diferentes setores industriais como alimentação, farmacêutica e hospitalar, principalmente pela rapidez da resposta, e facilidade de utilização e por apresentar custos aceitáveis em relação a outros métodos compactos (BÁGUR *et al.*, 2002, ARROYO *et al.*, 2017). Esta técnica proporciona um diagnóstico rápido e sensível, do tipo passa/não passa, funcionando



como uma primeira seleção em programas de controle de qualidade (GRIFFITH *et al.*, 1994).

A detecção de microrganismos através da quantificação do ATP por bioluminescência baseia-se no fato de que todos os organismos vivos possuem ATP, que é a medida universal de energia livre em sistemas biológicos. O método mede a emissão de luz produzida devido à presença de ATP, que está envolvido numa reação enzima-substrato entre luciferina e luciferase (bioluminescência). A quantidade de luz produzida nesta reação é proporcional à concentração de ATP e, portanto, a carga biológica associada à amostra (VENKATESWARAN *et al.*, 2003). Os resultados deste teste são expressos em Unidades Relativas de Luz (RLU), não existindo um valor de RLU fixo para determinar se uma amostra está contaminada ou não. Devido às particularidades do método e as suas variadas aplicações, sempre que se deseja aplicá-lo a um determinado sistema é necessário um estudo prévio, para que sejam estabelecidos os limites de detecção para o sistema e os intervalos de valores que caracterizam o grau de contaminação deste sistema (ARROYO *et al.*, 2017).

Apesar disto, não se encontram num só guia, como por exemplo o Relacre, 2000 (análise química) ou o Microval, 1997 (análise microbiológica), metodologias para a avaliação de desempenho de testes comerciais que permitam a sua validação. Os métodos para detecção de ATP comercializados, também não se enquadram em nenhuma das categorias anteriores. Os limites de detecção do método geralmente são estabelecidos através de curvas de correlação entre o método de contagem em placa (UFC) e as leituras de RLU obtidas para uma diluição seriada de um inóculo contendo um ou mais organismos mais freqüentemente encontrados no sistema que se deseja analisar. Uma boa correlação indica que o método foi capaz de detectar a carga microbiana presente no meio (GEVA *et al.*, 2007; TURNER *et al.*, 2010).

Para utilização em combustíveis, o teste padrão que quantifica ATP por bioluminescência está descrito na norma ASTM D7687-11 que utiliza tecnologia de uma empresa americana (QGO-M® kits da empresa IuminUltra®). Nele a quantificação do ATP ocorre em amostras de combustível ou água, com um passo de extração prévia, que visa eliminar os efeitos da matriz e a interferência de ATP extracelular. Este passo, porém, dificulta a realização da avaliação em campo, por pessoal não especializado.

No Brasil encontram-se kits para quantificação de ATP por bioluminescência em diferentes formatos. Algumas empresas desenvolveram kits mais simplificados e compactos para a análise de superfícies e água que não incluem o passo prévio de extração do ATP e permitem que esta análise seja efetuada em campo por pessoal não especializado. Esta tecnologia vem sendo empregada na indústria alimentícia, hospitalar e farmacêutica como um teste preliminar bastante sensível para avaliar a desinfecção de superfícies, alimentos, bebidas e até mesmo vacinas e também para análise de água. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar

a possibilidade do uso de um Kit comercial nacional simplificado de quantificação de ATP por bioluminescência para a detecção e quantificação da carga microbiana em fase aquosa proveniente de tanques de armazenamento de combustíveis.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa as leituras de bioluminescência foram realizadas com uma cultura pura de *Pseudomonas sp.* diluída em água ultra-pura ou solução salina (matriz simples), que serviu para conhecer os padrões de leitura para o Kit.

Na segunda etapa, as leituras foram realizadas com um inóculo misto diluído em água ultra-pura ou em água que entrou em contato com a mistura B10 por 30 dias (matriz complexa). O objetivo foi estabelecer os padrões de leitura do kit para as comunidades microbianas mais frequentemente encontradas no combustível, além de avaliar possíveis interferências da matriz (fase aquosa) nas leituras. Após, foi também realizada a diluição do inóculo misto (Norma ASTM E1259-10) em água de drenagem de tanques de armazenamento estéril a fim de se avaliar a aplicabilidade do kit em uma situação mais próxima da real (ver item 2.2.3).

Em cada uma destas etapas, além do ensaio de ATP-bioluminescência, também foi realizada a contagem padrão em placa para cada amostra. Os valores obtidos foram utilizados para determinação da correlação (Coeficiente de correlação de Pearson (r)) entre os métodos de quantificação de ATP por bioluminescência e contagem padrão em placa (RLU X UFC) e para o estabelecimento do coeficiente de variação (CV). Este coeficiente permite a comparação da variabilidade relativa de diferentes conjuntos de dados, quanto menor o valor de CV, maior a confiabilidade dos dados, significando que o método apresenta uma boa reprodutibilidade (PACHELLO *et al.*, 2010; ARROYO *et al.*, 2017).

a) Kit comercial para avaliação do teste do ATP: O kit de teste ATP CLEAN TRACE™ WATER, da 3M™ foi adquirido comercialmente para este estudo. Este kit, recomendado para quantificação de ATP total em amostras líquidas, tem um formato compacto, sendo composto de um Swab (amostrador) e de um luminômetro (aparelho de leitura), o que permite uma amostragem fácil e rápida e a obtenção dos resultados no local. O swab está contido em um estojo estéril, semelhante a uma caneta que possui, em uma das pontas, um compartimento lacrado contendo todos os reagentes necessários para a reação enzimática de bioluminescência (Figura 1). O método consiste em mergulhar o swab em um volume conhecido da amostra desejada, devolvendo-o em seguida para o estojo e pressionando-o contra o lacre do compartimento dos reagentes rompendo-o. O contato do swab com os reagentes promove a lise das células e precipita a reação enzimática que resulta em bioluminescência. Após 10 segundos e leve agitação, o estojo



com o swab é inserido no luminômetro que fornece a leitura da intensidade de luz produzida na reação em Unidades Relativas de Luz (RLU). O valor obtido está correlacionado com a quantidade de ATP intra (células viáveis) e extracelular (interferentes da matriz) presente na amostra, que permite estimar sua carga microbiana (VENKATESWARAN *et al.*, 2003).

b) Ensaio de bioluminescência do ATP: Os ensaios foram realizados de acordo com o protocolo do fabricante (Figura 1). O swab estéril foi mergulhado no frasco contendo 30 mL da amostra. Para cada diluição foram utilizados 3 swabs e para cada swab foram realizadas 5 leituras no intervalo máximo de 1 minuto. A média dos valores de RLU obtidos em cada diluição foi anotada e convertida em Log_{10} . A leitura do branco (background/controle) foi determinada da mesma forma para cada uma das matrizes aquosas (estéreis) utilizadas nos ensaios. Os valores médios de RLU obtidos para cada diluição foram correlacionados com os valores de UFC (unidades formadoras colônia) médios obtidos para cada diluição e para determinar o coeficiente de variação (CV) dos dados.

c) Inóculo: O inóculo utilizado em cada etapa foi ajustado a partir de um pré inóculo específico, ajustado de acordo com métodos espectrofotométricos para uma turbidez McFarland 0,5 padrão (600 nm), utilizando como diluente solução salina 0,85% ou água ultra-pura. Em seguida, em frascos estéreis com capacidade para 80 mL, contendo 30 mL da matriz de teste estéril, foram realizadas diluições sucessivas do inóculo. Cada diluição foi considerada uma amostra (Figura 1).

d) Determinação de UFC.mL⁻¹: Para cada amostra foram realizadas diluições seriadas. Uma alíquota de 100 μL de cada diluição da série foi espalhada em placa com meio sólido (spread-plate), em triplicata. Para o inóculo de *Pseudomonas sp* utilizou-se o meio LB e incubação por 48h a 28°C. Para o inóculo misto, utilizou-se o meio PCA com incubação por até 5 dias a 28°C. Após, as colônias foram contadas e os valores médios de UFC.mL⁻¹ obtidos foram anotados e convertidos em Log_{10} (Figura 1).

2.1 Validação do teste do ATP em cultura de *Pseudomonas sp.*

Neste ensaio o Kit selecionado foi avaliado em diluições sucessivas de uma cultura pura de *Pseudomonas sp.* em solução salina 0,85% ou em água ultra pura. O gênero *Pseudomonas sp.* foi escolhido por ser considerado ubíquo e frequentemente isolado em sistemas de combustíveis contaminados (BENTO & GAYLARDE, 2001; RODRIGUEZ-RODRIGUEZ *et al.*, 2009). As matrizes aquosas foram escolhidas por sua simplicidade e ausência de interferentes.

2.1.1 Pré inóculo *Pseudomonas sp*

O pré-inóculo foi preparado a partir da inoculação de uma colônia de *Pseudomonas sp.* crescida em meio sólido (LB) em 30 mL de caldo LB e incubação overnight a 28°C sob agitação de 100rpm. O inóculo foi preparado conforme item c. O isolado utilizado pertence a coleção de culturas do LABIO (Laboratório de Biodeterioração de Combustíveis e Biocombustíveis) da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) e foi obtido a partir de amostras de diesel B5 (95% diesel; 5% biodiesel).

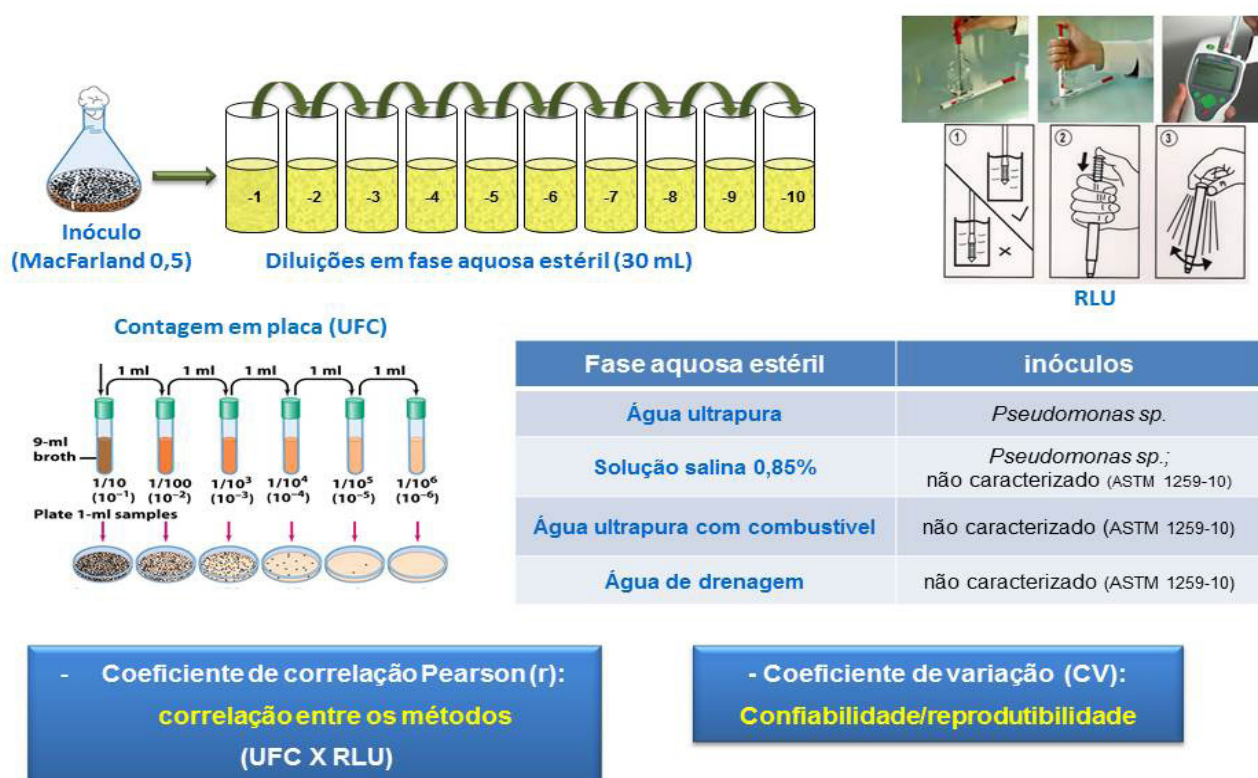


Figura 1. Etapas utilizadas no delineamento experimental.

2.2 Cultura mista em diferentes fases aquosas (matrizes)

Na segunda etapa deste estudo, um inóculo misto não caracterizado foi avaliado em diferentes matrizes aquosas: água ultra pura estéril (KUPSY, 2010); água ultrapura que esteve em contato com a mistura B10 por 30 dias e água de drenagem de tanques de combustíveis.

2.2.1 Inóculo não caracterizado (pré inóculo)

O inóculo não caracterizado (misto) foi preparado conforme sugerido na Norma ASTM E1259-10. Resumidamente, em um erlenmeyer contendo 100 mL de caldo Bushnell-Haas (BUSHNELL & HASS, 1941) foi adicionado 2% da mistura diesel/biodiesel - B10 (previamente esterilizada por filtração) e inoculado com 5 mL de uma mistura de borra microbiana obtida a partir de diferentes combustíveis (biodiesel e diesel e misturas B5) e incubados a 28°C, 200 rpm durante 7 dias. O inóculo foi preparado conforme item "C", utilizando como diluente a água ultra pura.

2.2.2 Água ultra pura com a mistura B10

Em frascos com capacidade para 1L foram adicionados 700 mL da mistura B10 (90% diesel e 10% biodiesel) e 300 mL de água ultrapura. Estes frascos foram armazenados em temperatura ambiente ($28\pm 2^{\circ}\text{C}$) e abrigados da luz por 30 dias. Após este período a água foi separada do óleo, esterilizada em autoclave e o pH foi verificado para utilização no experimento.

2.2.3 Água de drenagem de tanques de armazenamento

A água para esta etapa foi obtida através da coleta no fundo de tanques de armazenamento da mistura B5 em postos de combustível e armazenada em frascos estéreis. No laboratório, a água foi filtrada em papel filtro para retirada de material sólido mais grosseiro e acondicionada em frascos armazenados em temperatura ambiente ($28\pm 2^{\circ}\text{C}$) e abrigados da luz por 7 dias para decantação do material sólido mais fino. Após este período, o sobrenadante foi retirado e o resíduo de óleo foi separado da água em funil de separação. Esta água então foi autoclavada e o pH foi verificado para utilização no experimento.

2.3 Análise estatística

Os coeficientes de correlação linear (r) e os coeficientes de variação (CV) foram obtidos com o uso do programa Microsoft Office Excel 2007.



3. RESULTADOS

3.1 Detecção do ATP em cultura pura de *Pseudomonas sp.*

Os testes com cultura pura e matriz simples tiveram como objetivo conhecer o desempenho do kit selecionado na determinação do ATP em amostras de água. Os valores de "background" (branco), obtidos foram de 13 RLU / CV= 23% para solução salina 0,85% e 30 RLU / CV = 25% para água ultra-pura. Assim, para cada uma destas matrizes, foram consideradas não contaminadas aquelas amostras cuja leitura foi inferior ao valor de background obtido para a matriz. Nas condições deste ensaio, o kit selecionado para teste de ATP-bioluminescência foi capaz de detectar a bactéria *Pseudomonas sp.* em ambas as matrizes de forma semelhante (Figuras 2 e 3). O método também demonstrou ser mais sensível para detecção da bactéria do que a técnica padrão de contagem em placa, detectando a presença da bactéria nas diluições -8, -9 e -10, (Figura 3), que não foram detectadas pela técnica de contagem padrão em placa.

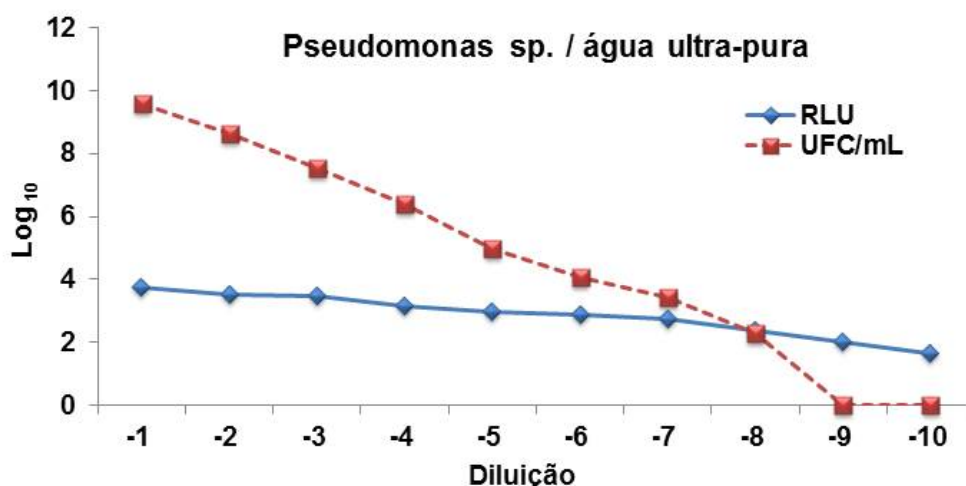


Figura 2. Resultados obtidos para diluições de uma cultura pura de *Pseudomonas sp.* em água ultra pura. Valores de RLU e UFC.mL⁻¹ (Log₁₀); r= 0,9827; CV= 7% ; **Background:** 30 RLU com CV = 25%.

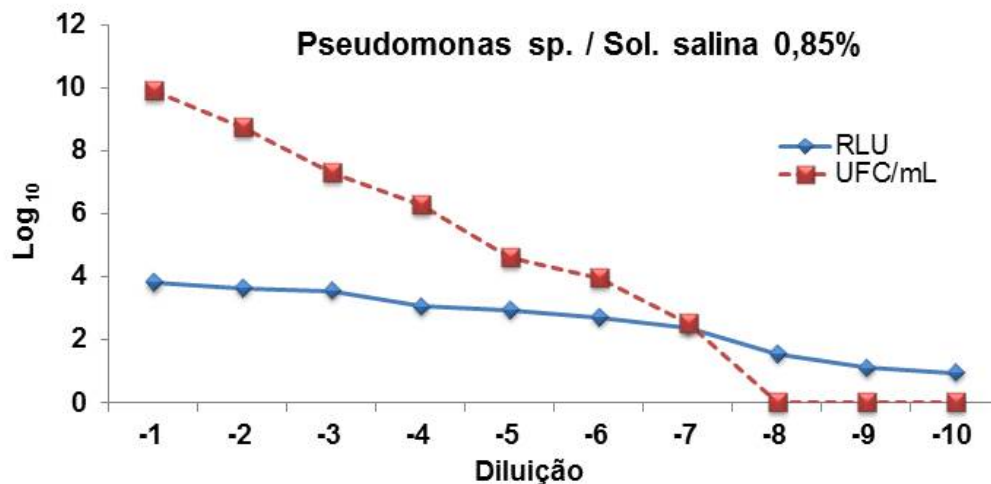


Figura 3. Resultados obtidos para diluições de uma cultura pura de *Pseudomonas sp.* em solução salina 0,85% (Log₁₀). Valores de RLU e UFC.mL⁻¹ (Log₁₀). $r = 0,9672$; CV = 9%; **Background:** 13 RLU com CV = 23%.

Os coeficientes de correlação linear (r) entre os métodos de diluição em placa e ATP para as diluições de uma cultura pura de *Pseudomonas sp.* em solução salina 0,85% e água ultra pura foram $r = 0,96$ e $r = 0,98$, respectivamente, indicando uma boa correlação entre os métodos para ambas as matrizes aquosas. Os coeficientes médios de variação para as leituras de RLU de cada matriz foram de 9% e 7% respectivamente. As maiores variações neste coeficiente para ambas as matrizes foram detectadas para leituras de RLU abaixo de 100.

3.2. Diluições de um inóculo não caracterizado em água ultrapura

Uma vez que no estudo anterior a água ultrapura permitiu uma boa correlação ($r = 0,98$) entre as duas técnicas empregadas, nesta etapa optou-se por esta matriz para estabelecer os padrões de leitura para inóculos mistos. Na figura 4 são mostrados os valores de RLU (log₁₀) e UFC (log₁₀) obtidos para este ensaio. Para esta condição a técnica de ATP- bioluminescência também demonstrou maior sensibilidade que o método de contagem padrão em placa, detectando a carga microbiana em diluições maiores. Porém, foi observada uma menor correlação entre os dois métodos nesta etapa ($r = 0,87$). O CV médio para as leituras de RLU nesta condição aumentou, CV = 44%.

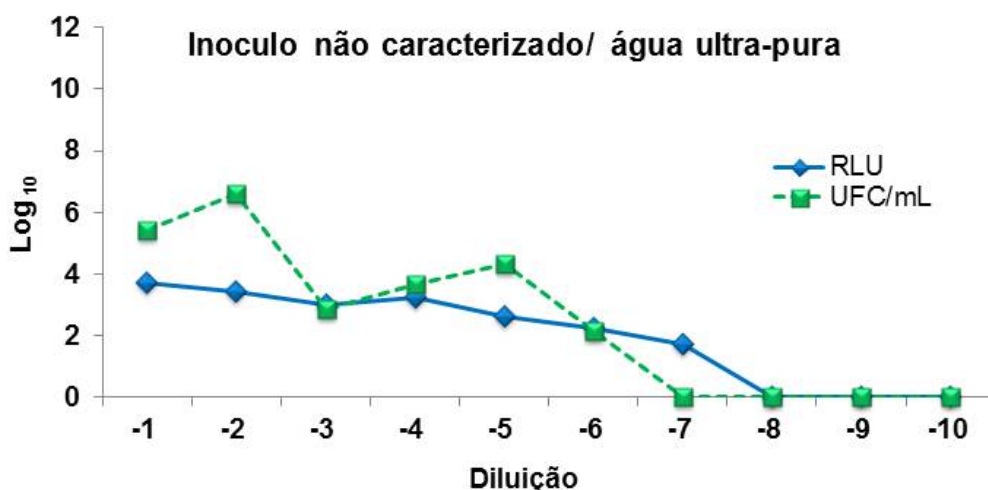


Figura 4. Resultados obtidos para diluições de um inóculo não caracterizado em água ultra pura. Valores de RLU e UFC.mL⁻¹ (Log₁₀); r=0,87; CV=44%; **Background:** 30 RLU / CV =25%

3.3 Diluições de um inóculo não caracterizado em água ultra-pura em contato com combustível por 30 dias

Ao entrar em contato com a água, algumas frações do combustível como monoaromáticos (BTEX), alguns policíclicos aromáticos (HPAs - naftaleno e fenantreno, por exemplo), fenóis e compostos heterocíclicos contendo nitrogênio e enxofre além de alguns metais como cobre e níquel podem se solubilizar na água (RODRIGUES *et al* 2010, LOGESHWARAN *et al.* , 2018), alterando sua composição. A presença de substâncias químicas orgânicas na matriz pode interferir com a reação de emissão de luz da qual o teste de ATP é dependente (PASSMAN, 2009; KEASLER *et al*, 2011). Neste ensaio, porém parece que isto não ocorreu, uma vez que o coeficiente de variação médio para as leituras de RLU foi 46%, ou seja, muito semelhante àquele encontrado para o mesmo inóculo em matriz de água ultra pura. Apesar disto, nesta condição não foi possível correlacionar os valores de RLU com as contagens de UFC (Figura 5), pois a recuperação de microrganismos em placa ficou abaixo do limite de detecção. Muitas vezes, a enumeração de bactérias em meio de cultura quando a matriz contém hidrocarbonetos é mais lenta (2-4 semanas para um resultado) e pouco consistente, pois o óleo cria áreas anaeróbias no meio de cultura sólido, impedindo ou retardando o desenvolvimento dos microrganismos (DOKENS & HUGHES, 2011; KEASLER *et al.*, 2011). Também é preciso considerar, as limitações intrínsecas a recuperação em placa microrganismos numa amostra ambiental.



Figura 5. Valores de RLU (\log_{10}) obtidos para leituras de diluições de um inóculo não caracterizado em água que esteve em contato com combustível por 30 dias; CV=46%; **Background:** 30 RLU / CV = 25%.

No tratamento onde a matriz aquosa utilizada foi a água de drenagem de tanques de armazenamento de combustível não foi possível realizar os ensaios, uma vez que a cor intensa desta fase aquosa dificultou a leitura da emissão de luz.

Matriz	Inóculo	Coefficiente de correlação de Pearson (r)	Coefficiente de variação (CV%)
Solução salina	<i>Pseudomonas sp</i>	0,9672	9%
Água ultra pura	.	0,9827	7%
Água ultra pura	Inóculo não caracterizado	0,8764	44%
Água ultra pura que esteve em contato com o combustível	(Norma ASTM E1259-10)	-	46%
Água de drenagem de tanques de armazenamento		-	-

Tabela 1. Valores dos coeficientes de correlação e variação obtidos nos ensaios

De acordo com ENGLISH, (2009), quando se trata de amostras líquidas a composição da matriz é um fator importante e por este motivo em alguns casos utiliza-se o passo de extração do. A enumeração de bactérias pela técnica de ATP - bioluminescência para análise de combustíveis ou líquidos contendo hidrocarbonetos é problemática devido às interferências de hidrocarbonetos, sólidos suspensos e pela presença de outros químicos que podem interferir com a reação enzimática e por este motivo, o passo extração e lavagem das células, que elimina os efeitos da matriz na amostra é necessário para a obtenção das leituras (KEASLER *et al.*, 2011). Este passo, é descrito na norma ASTM D7687 - 11 Standard Test Method for Measurement of Cellular Adenosine Triphosphate in Fuel, Fuel/Water Mixtures, and Fuel-Associated Water with Sample Concentration by Filtration. A tabela 1 resume os principais resultados para os testes realizados.

3.4 Correlação entre ATP/UFC

Neste estudo, nos ensaios realizados com cultura pura (*Pseudomonas sp.*) foi encontrada uma boa correlação entre os valores de UFC/mL e as leituras de RLU, mesmo em diferentes matrizes aquosas (0,93 e 0,96) (Tabela 1). Resultado semelhante foi obtido por GEVA *et al.* (2007), que no intuito de aplicar a técnica para monitoramento de combustíveis armazenados, testaram dois diferentes kits para quantificação de ATP por bioluminescência, utilizando diluições sucessivas de um inóculo padrão de *Cladosporium resinae* (cultura pura) em diesel. Em seu estudo os autores encontraram coeficientes de correlação de 0,99 e 0,96 entre os valores de RLU e as contagens de UFC, considerando esta uma boa correlação. Em outros estudos conduzidos com diluições de culturas puras (YAN *et al.*, 2011; BURGOS *et al.*, 2002) também foram encontradas boas correlações entre os dois métodos. No mesmo estudo, mas em situação de campo, GEVA *et al.*, (2007) encontraram uma correlação baixa entre os valores de RLU e UFC aferidos. Os autores explicaram que em situação real (campo), podem ser encontrados diferentes tipos e espécies de microrganismos compondo a comunidade e os mesmos encontram-se em estágios fisiológicos bastante distintos, o que pode provocar muitas variações nas leituras de ATP, tornando as curvas de calibração pouco confiáveis e gerando problemas de interpretação PASSMAN *et al.*, (2007, 2019), DODOS *et al.*, (2012), DODOS & ZANNIKOS (2013), trabalhando com inóculos mistos, também encontraram dificuldades para correlacionar os dois métodos. Neste caso, os autores alertaram para o fato que o teste de ATP é muito sensível para detecção de ATP, sendo possível detectar até mesmo aqueles que não podem ser recuperados em placa, além de atp extra celular, que não representam células viáveis. Em nosso estudo a correlação encontrada entre as leituras de ATP e a contagem de UFC, para as leituras de um inóculo misto foi baixa (R^2 0,87).

Alguns trabalhos estabelecem facilmente uma correlação entre o número de microrganismos recuperados em placa e os valores de RLU. Mas é preciso levar em conta que os valores de RLU obtidos nas leituras estão mais relacionados à concentração de ATP no meio (intra e extra celular) do que ao número de células microbianas presentes na amostra (ARROYO *et al.* 2017; NILSSON *et al.*, 2002; UKUTU *et al.*, 2005). A concentração de ATP presente numa amostra depende das características do sistema, da composição da população microbiana e do estado metabólico das células, e não propriamente do número de células presentes numa amostra. De acordo com EYDAL & PETERSEN (2007) o volume da célula também pode afetar diretamente a quantidade de ATP, e por isto, células maiores como algumas leveduras, por exemplo, podem conter mais ATP do que algumas bactérias. Em suma, os valores de RLU obtidos refletem a concentração de ATP presente no meio e isto vai variar em função do tipo, tamanho e estado fisiológico de cada célula microbiana. A presença de outras substâncias orgânicas no meio, como proteínas, por exemplo, também pode alterar este resultado (NILSSON *et al.*, 2002; UKUTU *et al.*, 2005; PASSMAN, 2009, 2019). A maioria dos trabalhos que consegue boas correlações (BURGOS *et al.*, 2002; UKUTU *et al.*, 2005; YAN *et al.*, 2011) utiliza inóculos bacterianos, culturas puras e condições de crescimento que otimizam sua recupe-



ração em placa, favorecendo a observação da correlação. Cabe ainda ressaltar que quando se trabalha com inóculos mistos, a quantidade de células cultiváveis pode variar de 1% a mais de 50% do total de células viáveis, dependendo do sistema e das técnicas empregadas para sua recuperação (DESJARDINS & BEAULLIEU, 2003; VENKATESWARAN *et al.*, 2003; ARROYO *et al.* 2017). Por isto, é esperado que o número de células viáveis seja maior que o número de células cultiváveis. Nestes casos, quando se encontra uma correlação entre as duas técnicas, pode significar que o número de bactérias cultiváveis representa a maior parte da população. Ainda neste contexto é preciso ressaltar que a concentração do ATP, não é um bom indicador para estimar a presença de esporos desde que estes tem apenas traços de ATP (VENKATESWARAN *et al.*, 2003).

3.5 Coeficientes de Variação (CV)

O Coeficiente de Variação (CV) é uma medida que informa sobre a reprodutibilidade do método, traduzindo a variação encontrada entre as leituras de uma mesma amostra (PACHELLO, 2011). GEVA *et al.* (2007) recomendam para ensaios de ATP bioluminescência, um CV de até 32% para garantir a confiabilidade do método. Neste estudo os CV observados entre as leituras de ATP, para as diluições de *Pseudomonas sp.* (cultura pura) (7% e 9%) estiveram dentro destes limites, indicando uma boa reprodutibilidade para o Kit testado nesta condição. O mesmo não ocorreu para as leituras das diluições de um inóculo não caracterizado, onde a variabilidade entre as leituras de uma mesma amostra foram bastante altas (44% e 46%), o que significa que os resultados obtidos para esta condição devem ser interpretados com cautela. A razão para esta variabilidade, como visto acima, pode ser explicada principalmente pela complexidade da comunidade microbiana que compõe o inóculo (bactérias, fungos, leveduras), pela provável presença de organismos cultiváveis, não cultiváveis e esporos e também pela presença de matéria orgânica e outras fontes de ATP extracelular na matriz (VENKATESWARAN *et al.*, 2003). Em uma situação de campo, onde os recursos são escassos e as células apresentam estados nutricionais totalmente distintos, a diversidade microbiana é ampla e existe a presença de células planctônicas e sésseis (biofilmes), uma boa correlação entre os dois métodos torna-se praticamente impossível, exigindo o emprego de técnicas secundárias para obtenção de um resultado mais robusto. Em estudo desenvolvido por YAN *et al.* (2011), para detectar a carga microbiana em molho de soja, utilizando a técnica de quantificação de ATP por bioluminescência os autores, somente obtiveram resultados satisfatórios após a aplicação de uma etapa de pré tratamento. Esta etapa incluiu a extração prévia das células da matriz e eliminação do ATP extracelular através de um tratamento enzimático com apirase, além de a uma fase prévia de cultivo a fim de quebrar a dormência dos esporos. A combinação destas técnicas reduziu a variabilidade dos resultados e permitiu que os autores obtivessem uma correlação entre o método padrão de contagem em placa e as leituras de RLU com $r=0,90$.



Outro fator que precisa ser levado em conta é a amostragem. As amostras foram preparadas em um volume de 30 mL para cada diluição, mas em função do desenho do amostrador, o volume efetivamente coletado e testado de cada amostra foi de 0,145mL. Este volume tão pequeno, aliado a heterogeneidade da amostra pode ter contribuído para a grande variação observada entre as leituras. Para combustíveis, PASSMAN (2013) e PASSMAN *et al* (2019) ressaltam que a distribuição dos microrganismos na amostra pode ser muito heterogênea e sugere que sejam recolhidas amostras de até 1L de combustível para que se possam conseguir estimativas confiáveis a partir dos métodos tradicionais. A norma ASTM D7687-11(método para medida do ATP) sugere que seja utilizado um volume de 1 a 5mL de amostra de combustível para se obter esta estimativa.

A técnica de quantificação do ATP por bioluminescência vem sendo amplamente utilizada para estimar a carga biológica em superfícies e utensílios hospitalares, superfícies de preparo de alimentos, alimentos crus ou industrializados, bebidas e águas residuais de efluentes industriais e hospitalares entre outros, fornecendo resultados em menos de 5 min. (CHEN & GODWIN, 2006; FUKUDA *et al*, 2005; SAMKUTTY *et al*, 2001; SIRAGUSA *et al.*, 1995; STANLEY, 1982; VANSTAEN, 1980; VAN CROMBRUGGE *et al.*, 1989; MURPHY *et al.*, 1998; VILAR *et al.*, 2008, AYCI-CEK *et al.*, 2006; TEBBUTT *et al.*, 2007; CAPUTO *et al*, 2011; ARROYO *et al*, 2017). Porém, quando a quantificação envolve matrizes ricas em substâncias orgânicas como gorduras, carboidratos, proteínas, que podem conter ATP (ARROYO *et al*, 2017; VENKATESWARAN *et al.*, 2003), incluem a presença de corantes ou outras substâncias químicas como biocidas, por exemplo, protocolos que incluem um passo de extração prévia, permitindo a análise de atp intracelular apenas, podem proporcionar resultados mais confiáveis como demonstrado por RIBEIRO *et al* . (2000) nas análises de leite, BURGOS *et al.* (2002) em análises de sucos de frutas e YAN *et al.* (2011) nas análises de contaminação em molho de soja. Nestes casos, também na interpretação dos resultados, podemos concluir que uma vez que o teste avalia a quantidade de ATP intracelular presente na amostra, a obtenção de valores altos de RLU nas leituras pode tanto indicar que existe uma população metabolicamente ativa no sistema como que ali existe uma grande quantidade de microrganismos. Ambas as situações podem representar risco para o sistema. Muitos autores (BUCKER *et al*, 2016; PASSMAN *et al.* 2019, PASSMAN 2020), trabalhando com biodiesel e misturas tem percebido que a carga microbiana, seja ela avaliada como formação de biomassa, ou contagem padrão em placa (UFC), na maioria das vezes, não pode ser correlacionada com os danos ao combustível. Casos de contaminação microbiana pesada com baixo dano ao combustível são bastante comuns assim como o inverso também já foi verificado (BUCKER *et al* 2016; CAZZAROLLI *et al* 2018; PASSMAN, 2020). Este fenômeno pode ser explicado por diferentes abordagens, como, por exemplo, a capacidade deteriogênica da população em relação ao combustível ou o seu estado metabólico. Muitos autores como Passman *et al* (2019) e Arroyo *et al* (2017) sugerem que a aplicação a técnica ainda demanda estudos para a obtenção de resultados mais robustos.



4. CONCLUSÕES

O Kit de determinação de ATP por bioluminescência avaliado neste estudo mostrou-se eficiente para determinação de carga microbiana em amostras aquosas (matriz simples), tanto nos ensaios com cultura pura (*Pseudomonas sp.*), quanto nos ensaios com cultura mista (inóculo não caracterizado). Ele também mostrou boa reprodutibilidade e maior sensibilidade para a detecção da carga, mesmo em diluições mais altas, onde a técnica padrão (contagem em placa) não detectou. Apesar disso, o kit de ATP-bioluminescência testado neste estudo, na forma como está projetado, não é adequado para estimar o grau de contaminação microbiana da fase aquosa proveniente de tanques de combustíveis. Esta água geralmente possui uma coloração marrom em função da presença de ferro (produtos de corrosão do tanque), que prejudica a leitura correta da emissão de luz. Portanto, para este tipo de amostra, com matriz mais complexa e presença de cultura mista, seria necessário um kit que permita a leitura apenas de ATP intracelular.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Ipiranga Produtos de Petróleo, Brazil, pelo fornecimento dos combustíveis e suporte na execução dos estudos e aos profissionais Eng. Sérgio Luiz Camacho Viscardi e à Dra. Roberta Miranda Teixeira pelas relevantes contribuições e sugestões à elaboração dos ensaios. Ao Prof. Dr. Eduardo César Tondo, do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ICTA /UFRGS) pelas orientações técnicas e suporte.

Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING, MATERIALS - ASTM E1259 - 10 Standard Practice for Evaluation of Antimicrobials in Liquid Fuels Boiling Below 390°C. **ASTM International**, 2010, West Conshohocken, PA, www.astm.org._doi:10.1520/E1259-10

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING, MATERIALS ASTM D7687 - 11 Standard Test Method for Measurement of Cellular Adenosine Triphosphate in Fuel, Fuel/Water Mixtures, and Fuel-Associated Water with Sample Concentration by Filtration. **ASTM International**, 2010, West Conshohocken, PA, www.astm.org._doi:10.1520/D7687 - 11

ARROYO, M.G., FERREIRA, A.M., FROTA, O.P. *et al.* Effectiveness of ATP bioluminescence assay for presumptive identification of microorganisms in hospital water sources. *BMC Infect Dis.* 17, 458. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15512: Norma "Armazenamento, Transporte, Abastecimento e Controle de Qualidade de Biodiesel e/ou Mistura Óleo Diesel/Biodiesel". Rio de Janeiro: **ABNT**, 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16732 - Combustíveis líquidos e sistemas associados — Requisitos para prevenção, monitoramento e controle de contaminação microbiana ". Rio de Janeiro: **ABNT**, 2019.

AYCICEK, H.; OGUZ, U. & KARCI, K. Comparison of results of ATP bioluminescence and traditional hygie-



ne swabbing methods for the determination of surface cleanliness at a hospital kitchen. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, 209 (2): 203-206, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2005.09.007>

BENTO, F. M.; GAYLARDE, C.C. Biodeterioration of stored diesel oil: studies in Brazil. **International Biodegradation and Biodegradation**, Barking, 47(2), 107-112, 2001.

BENTO, F.M.; BUCKER, F.; SANTESTEVAN, N. *et al.* Impacto da adição do biodiesel ao óleo diesel durante a estocagem: Um enfoque microbiológico e controle. **Revista Biodiesel**, 47; Caderno técnico, 2010.

BENTO, F. M.; PERALBA, M; FERRÃO, M. F. *et al.* Diagnóstico, Monitoramento e Controle da contaminação microbiana em biodiesel e misturas durante o armazenamento In: **Armazenagem e Uso de Biodiesel: Problemas associados e formas de controle**. 1ed. Brasília: Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, v.1, p.111-175. 2016.

BUCKER, *et al.* Evaluation of the deteriogenic microbial community using qPCR, nalkanes and FAMES biodegradation in diesel, biodiesel and blends (B5, B10, and B50) during storage. **Fuel** 2018.

BURGOS, C., MURILLO, L., GUTIÉRREZ, I. *et al.* Comparación de los métodos de bioluminiscencia y recuento en placa como control de calidad en producto terminado de bebida de malta y refrescos pasteurizados en una empresa de Bogotá D.C. **Revista de La Facultad de Farmacia**, 43: 25-28, 2002.

BUSHNELL, C. D. & HAAS, H. F. The utilization of certain hydrocarbons by microorganisms. **Journal of Bacteriology**, Washington, 41, 654-674, 1941.

CAPUTO, P.; FERRI, E. N.; GIROTTI, S.; *et al.* Application of luminescent ATP rapid checks at ready-to-eat foods producing plant. **Czech Journal of Food Sciences**, 29(4): 382-390, 2011.

CAVALCANTI, E.H.S.; ZIMMER, A.; BENTO, F.M. *et al.* Chemical and microbial storage stability studies and shelf life determinations of commercial Brazilian biodiesels stored in carbon steel containers in subtropical conditions. **Fuel**, 236, 993-1007. 2019.

CAZAROLLI J.C., DE QUADROS P.D., BÜCKER F., *et al.* Microbial growth in *Acrocomia aculeata* pulp and *Jatropha curcas* oil and biodiesel under simulated storage conditions. *Biofuel Research Journal* 12 (2016) 514-520. DOI: 10.18331/BRJ2016.3.4.5

CHEN, F.C. & GODWIN, S.L. Comparison of a rapid ATP bioluminescence assay and standard plate count methods for assessing microbial contamination of consumers' refrigerators. **Journal of Food Protection**, 69: 2534-2538, 2006.

CHESNEAU, H. L. Fuel System Contaminants: An Introduction. *In*: H. L. Chesneau & M. M. Dorris (Eds.), **Distillate Fuel: Contamination, Storage and Handling**. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials. 1988.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. Procedimentos para a preservação da qualidade do óleo diesel B – Brasília : 2011. 56 p.: il. color. – (**Despoluir – Programa Ambiental do Transporte**) 1. Biodiesel – Brasil. 2011. Disponível em: www.cntdespoluir.org.br. acesso em out , 2011

DESJARDINS, E. & BEAULIEU, C. Identification of bacteria contaminating pulp and a paper machine in a Canadian paper mill. **J. Ind. Microbiol. Biot.**, 30: 141-145, 2003.

DOCKENS, K. & HUGHES, B. Bacteria in Sales Oil Transmission Lines; Can we know for sure? Disponível em <http://www.luminultra.com/images/Docs/bacteria-in-sales-oil-transmission-lines-can-we-know-for-sure-final-dec-2011.pdf>

DODOS, G. AND ZANNIKOS, F. "Microbiological Growth Study of Biodiesel Fuel," SAE Int. J. Fuels Lubr. 6(2):419-429, 2013, doi:10.4271/2013-01-1148.

DODOS, G.S.; KONSTANTAKOS, T.; LONGINOS, S. *et al.* Effects of microbiological contamination in the quality of biodiesel fuels. **Global NEST Journal**, 14(2), 175-182. 2012. Disponível on line em http://www.gnest.org/journal/Vol_14_no_2/175-182856NRG10_Dodos_14-2.pdf.

ENGLISH, E & LINDHARDT, C. Important technical considerations when evaluating bioluminescence as a field test for the determination of microbial contamination of petroleum fuels and other matrices in the field. *In*: Morris, R.E. (Ed.) **Proceedings of the 11th International Conference on the Stability and Han-**



dling of Liquid Fuels; Prague, Czech Republic, October, 2009. The int. Society for Stability, Handling and Use of Liquid Fuels, Washington. on CD

ENGLISH, E ; LINDHARDT, C. & PASSMAN, F.J. Preliminary assessment of the repeatability and reproducibility of adenosine triphosphate test results from fuel and bottom water samples. In: **IASH 2007- 10th International Conference on Stability, Handling and Use of Liquid Fuels**, Tucson, Arizona, October, 7-11, 2007.

EYDAL, H.S.C. PETERSEN, K. Use of an ATP assay to determine viable microbial biomass in Fennoscandian Shield groundwater from depths of 3–1000 m. **Journal of Biological Methods**, 70:363-373. 2007.

FUKUDA, S., TATSUMI, H., IGIMI, S. *et al.* Improved bioluminescent enzyme immunoassay for the rapid detection of Salmonella in chicken meat samples. **Letters in Applied Microbiology**, 41: 379-384, 2005.

GEVA, J.; GEISSMANN, E.; ITTAH, E.; *et al.* ATP analyses as a tool to determine the need to clean the fuel tanks of diesel motivated vehicles before refueling with biocides and stability improving additives. In: **IASH 2007- 10th International Conference on Stability, Handling and Use of Liquid Fuels**, Tucson, Arizona, October, 7-11, 2007.

GEVA, Y.; GEISSMANN, E.; SAPIR, Y. *et al.* The use of an ATP kit to determine fuel tank's contamination level. In: **IASH 2007- 10th International Conference on Stability, Handling and Use of Liquid Fuels**, Tucson, Arizona, October, 7-11, 2007.

KEASLER, V.; BENNETT, B.; BROMAGE, B.; *et al.* Utilization of an ATP Assay for Enumeration of Bacteria in Oil. **ISMOS-2 Conference** 2009.

KEASLER, V; BENNETT, B; KELLER, C; *et al.* Expanding the microbial monitoring toolkit: Evaluation of traditional and molecular monitoring methods. **ISMOS-3 Conference**, 2011.

KUPSI, B.; CEYLAN, E. & STEWART, C. Performance Evaluation of Various ATP Detecting Units. report done by Silliker Inc. **Food Science Center Report RPN 13922**, 2010. Disponível em <http://pmr.mx/files/ReporteSillikerDocumento.pdf>

LOGESHWARAN P, MEGHARAJ M, CHADALAVADA S. *et al* Petroleum hydrocarbons (PH) in groundwater aquifers: an overview of environmental fate, toxicity, microbial degradation and risk-based remediation approaches. *Environ Technol Innov* 10:175–193. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.02.001>

LUZ, G.V.S.; SOUSA, B.A.; GUEDES, A.V. *et al.* Biocides Used as Additives to Biodiesels and Their Risks to the Environment and Public Health: A Review. **Molecules**, 23, 2698. 2018. doi:10.3390/molecules23102698

MURPHY, S. C.; KOZLOWSKI, S. M. ; BLANDER, D. K. *et al.* Evaluation of adenosine triphosphate-bioluminescence hygiene monitoring for trouble-shooting fluid milk shelf-life problems. **Journal Food Science**, 81(3): 817-820, 1998.

MURRAY, H.D.; SCHNEIDER, D.A. & GOURSE, R.L. Control of rRNA expression by small molecules is dynamic and non-redundant. **Mol. Cell**, 12: 125-134, 2003.

NILSSON, H. O.; BLOM, J.; AL-SOUD, W. A., *et al.* Effect of cold starvation, acid stress, and nutrients on metabolic activity of Helicobacter pylori, **Appl. Environ. Microb.** 68(1):11-19, 2002.

OQVIST, C. C., KUROLA, J., PAKARINEN, J. *et al.* Prokaryotic microbiota of recycled paper mills with low or zero effluent, **J. Ind. Microbiol Biot.** 35, 1165- 1173, 2008.

PACHELLO C. Adenosine Triphosphate (ATP) Rapid Testing for Water and Rinse Water Hygiene, **Chair**. Pages 278-280, 2011.

PASSMAN, F. J. & EACHUS, A. C. "Adenosine Triphosphate as a Rapid Measure of Microbial Contamination in Fuel Systems," In: Bartz, W.J. (Ed.), "**Fuels 2007—6th International Colloquium**." Technische Akademie Esslingen, Ostfildern, Germany, pp 689-695. 2007.

PASSMAN, F. J; Schmidt, J., Lewis, R. *et al.*, The relationship between planktonic and sessile microbial population adenosine triphosphate bioburdens in diesel fuel microcosms. In: **IASH 2019- 16th International Conference on Stability, Handling and Use of Liquid Fuels**, Long Beach, California USA, September 2019.

PASSMAN, F. J. Using Adenosine Triphosphate to Quantify Bioburdens in Various Liquid Fuels *In*: Morris, R.E. (Ed.), **Proceedings of the 11th International Conference on the Stability and Handling of Liquid Fuels**; Sarasota, Florida, USA, October, 2009. The international Society for Stability, Handling and Use of



Liquid Fuels, Washington. on CD.

PASSMAN, F.J., ENGLISH, E., LINDHARDT, C. Using adenosine triphosphate as a measure of fuel treatment microbicide performance. In: Morris, R.E. (Ed.), **Proceedings of the 10th International Conference on the Stability and Handling of Liquid Fuels**; Tucson, Arizona, USA, October 7e11, 2007. The international Society for Stability, Handling and Use of Liquid Fuels, Washington. on CD

PASSMAN, F.J., Microbial contamination and its control in fuels and fuel systems since 1980 e a review, **International Biodeterioration & Biodegradation**, 81, 88-104, 2013. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.08.002>

PASSMAN, F.J. Fuel & fuel system microbiology part 35- connecting the dots, part 3. 2020. <https://biodeterioration-control.com/fuel-fuel-system-microbiology-part-35-connecting-the-dots-part-3/>

PETROLEUM INSTITUTE- **IP 385/99**. Determination of the viable aerobic microbial content of fuels and fuel components boiling below 390°C – Filtration and culture method. , 1999. In Passman, F. J. **ASTM International**. Fuel and Fuel System Microbiology: Fundamentals, Diagnosis and Contamination Control, Manual 47. West Conshohocken, 2003,114 p.

RAJASEKAR, A.; BABU, T. G.; MARUTHAMUTHU, S.; PANDIAN, S. T. K.; MOHANAN, S.; PALANISWAMY, N. *et al.*; Biodegradation and corrosion behaviour of *Serratia marcescens* ACE2 isolated from an Indian diesel-transporting pipeline. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, 23 (8):1065–1074, 2007.

RIBEIRO, N. J; CERQUEIRA J; SANTOS, P. *et al.* Validação interna de um método de ensaio baseado em ATP para a monitorização da higiene de superfícies de aço inox na indústria dos lacticínios. **RPCV** 97(542): 71-80, 2002.

RODRIGUES R. V., MIRANDA-FILHO, E. P. GUSMÃO, C. B. *et al* Deleterious effects of water-soluble fraction of petroleum, diesel and gasoline on marine pejerrey *Odontesthes argentinensis* larvae. **Science of the Total Environment**, 408, 2054-2059, 2010.

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, C. E; RODRÍGUEZ-CAVALLINI, E. & BLANCO, R. Bacterial contamination of automotive fuels in a tropical region: the case of Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**, 57 (3): 489-504, 2009.

SAMKUTTY, P.J.; GOUGH, R.H.; ADKINSON, *et al.* Rapid assessment of the bacteriological quality of raw milk using ATP bioluminescence. **Journal of Food Protection**, 64: 208-212, 2001.

SIRAGUSA, G.R. & CUTTER, C.N. Microbial ATP bioluminescence as a means to detect contamination on artificially contaminated beef carcass tissue. **J of Food Prot.** 58:764-769, 1995.

STANLEY, P. A. A review of bioluminescent ATP techniques in rapid microbiology. **Journal of Bioluminescence and Chemiluminescence**, 4 (1): 375–380, 1989.

TEBBUTT, G.; BELL, V. & AISLABIE, J. Verification of cleaning efficiency and its possible role in programmed hygiene inspections of food businesses undertaken by local authority officers. **Journal of Applied Microbiology**, 102: 1010-1017, 2007.

TURNER, D.E., DAUGHERITY, E.K., ALTIER, C., *et al.* ., Efficacy and limitations of an ATP-based monitoring system. **J. Am. Assoc. Lab. Anim. Sci.** 49, 190–195, 2010.

UKUKU, D.O., SAPERS, G.M., FETT, W.F. ATP bioluminescence assay for estimation of microbial populations of fresh-cut melon. **J. Food Prot.** 68, 2427–2432, 2005.

VAN CROMBRUGGE J, WAES G, REYBROEK W. The ATP-F test for estimation of the bacteriological quality of raw milk. **Neth. Milk Dairy J.** 1989; 43:347

VANSTAEN, H. Applicability of bioluminescence for rapid detection of viable micro-organisms. **Laboratory Practice**, 29, 12. 1980.

VENKATESWARAN K, HATTORI N, LA DUC MT, KERN R. ATP as a biomarker of viable microorganisms in clean-room facilities. **J Microbiol Methods.** 52:367–77. 2003

VILAR, M. J.; RODRÍGUEZ-OTERO, J. L.; DIÉGUEZ, F. *et al.* Application of ATP bioluminescence for evaluation of surface cleanliness of milking equipment. **International Journal of Food Microbiology**, 125: 357-361, 2008.



YAN, S.L., MIAO, S.N., DENG, S.Y., *et al.* ATP bioluminescence rapid detection of total viable count in soy sauce. **Luminescence**, 27: 34–38 2011. doi: 10.1002/bio.1321

WHITE, J.; GILBERT, J.; HILL, G.; *et al.* Culture-independent analysis of bacterial fuel contamination provides insight into the level of concordance with the standard industry practice of aerobic cultivation. **Applied and Environmental Microbiology** 77 (13): 4527-4538, 2011.

ZIMMER A.R., OLIBONI A., VISCARDI S.L.C., *et al.* Biodiesel blend (B10) treated with a multifunctional additive (biocide) under simulated stored conditions: a field and lab scale monitoring. *Biofuel Research Journal* 14 (2017) 528-535. DOI: 10.18331/BRJ2017.4.2.7

ZIMMER, A. & BENTO, F.M. Seleção de biocidas para uso em misturas diesel-biodiesel. In: **Coletânea Estudos Ambientais e Agronômicos: Resultados para o Brasil**, Nobre, C. P. &Oliveira A.C.S. (Org.). São Luis: Ed. Pascal Ltda. P 25-47, 330f. 2020. <https://doi.org/10,29327/514614>



CAPÍTULO 3

CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AS CONDIÇÕES DE SEMIARIDEZ NO ESTADO DO MARANHÃO

CLIMATE CHANGE SCENARIOS AND SEMIARIDITY CONDITIONS IN
THE STATE OF MARANHÃO

Fernando José Pereira Ferreira

Admo Ramos Silva Júnior

Lucilara Rodrigues Mendes

Clênya Carla Leandro de Oliveira

Rodrigo Barbosa Silva

Palloma Cristinne de Castro Bastos

Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes

Resumo

O grau de aridez de uma região depende da quantidade da precipitação pluvial e da perda máxima de água pela evaporação e transpiração (Evapotranspiração Potencial). Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição espacial do índice de aridez no estado do Maranhão em condição atual e em cenários de mudanças climáticas. Para a descrição do cenário climático futuro, foram utilizadas simulações baseadas no modelo climático regional ETA forçado pelo modelo climático global denominado de HadGEM2-ES - Hadley Centre Global Environmental Model, version 2 Earth System. Foram aplicados dois cenários baseados em forçantes radiativas denominadas de RCP - Representative Concentration Pathways, que abordam desde futuros otimistas, nos quais a forçante radiativa decorrentes de ações antrópicas é reduzida (RCP 2.6), até situações pessimistas (RCP 8.5), sendo o RCP 4.5 uma situação considerada intermediária. O Índice de Aridez foi estimado com base nos dados obtidos dos cenários de mudanças climáticas, por meio da razão anual entre a precipitação pluvial e a Evapotranspiração Potencial, sendo a segmentação de classes baseada nas classes climáticas estabelecidas pelas Nações Unidas e pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Os resultados mostraram aumento das áreas susceptíveis à ocorrência de aridez envolvendo principalmente o Centro-Sul do estado no cenário mais otimista, com ligeira expansão para a região Central no cenário pessimista. Logo, se confirmando as projeções estabelecidas pelos modelos de mudanças climáticas poderá ocorrer um processo de desertificação sem precedentes, principalmente no Centro-Sul do estado, que poderá promover a esterilidade do solo, perda de nutrientes e da capacidade de produção das áreas afetadas.

Palavras chave: Precipitação, evapotranspiração potencial, deficiência hídrica.

Abstract

The degree of aridity of a region depends on the amount of rainfall and the maximum loss of water through evaporation and transpiration (Potential Evapotranspiration). Thus, the objective of this work was to evaluate the spatial distribution of the aridity index in the state of Maranhão in its current condition and in scenarios of climate change. For the description of the future climate scenario, simulations were used based on the regional climate model ETA forced by the global climate model called HadGEM2-ES - Hadley Center Global Environmental Model, version 2 Earth System. Two scenarios based on radiative forcing called RCP - Representative Concentration Pathways were applied, which address from optimistic futures, in which the radiative forcing resulting from anthropic actions is reduced (RCP 2.6), to pessimistic situations (RCP 8.5), being RCP 4.5 a situation considered intermediate. The Aridity Index was estimated based on data obtained from climate change scenarios, through the annual ratio between rainfall and Potential Evapotranspiration, with class segmentation based on the climatic classes established by the United Nations and the National Council for the Environment. Environment (CONAMA). The results showed an increase in areas susceptible to the occurrence of aridity, involving mainly the Center-South of the state in the most optimistic scenario, with a slight expansion to the Central region in the pessimistic scenario. Therefore, if the projections established by the climate change models are confirmed, an unprecedented desertification process may occur, especially in the Center-South of the state, which may promote soil sterility, loss of nutrients and the production capacity of the affected areas.

Key-words: Precipitation, potential evapotranspiration, water deficiency



1. INTRODUÇÃO

A desertificação tem sido considerada por muitos estudiosos, ambientalistas e inclusive pelo poder público, um dos mais graves problemas ambientais da atualidade. Os efeitos de tal processo atingem a ordem política, econômica, social, cultural e ambiental, o que implica envolvimento de diversos profissionais advindos de diferentes áreas do saber, ou seja, desde aqueles envolvidos com o quadro ambiental, perpassando por analistas do quadro econômico e social. (MATALLO JÚNIOR, 2003).

Desde 1977 é consenso mundial a utilização do chamado índice de aridez para o estudo da susceptibilidade à desertificação, a partir da metodologia desenvolvida por Thornthwaite (1948). Tal índice considera a pluviosidade e a perda máxima possível de água pela evaporação e transpiração, sendo apontado como o melhor indicador de áreas vulneráveis à desertificação, uma vez que trabalha com variáveis quantitativas (SAMPAIO, 2003).

A determinação de uma área susceptível à desertificação pode ser realizada através do índice de aridez (IA). Esse índice corresponde a razão entre a precipitação (mm) e a evapotranspiração potencial (mm), sendo essa última definida como a quantidade de água que poderia evaporar ou transpirar de uma superfície vegetada pela influência atmosférica (THORNTHWAITE, 1948).

A evapotranspiração de referência (ET₀) e o Índice de Aridez (IA) são importantes variáveis climáticas e fundamentais para a compreensão no processo do ciclo hidrológico de uma região. O primeiro representa o potencial da perda de água da superfície para a atmosfera Allen et al., (1998), enquanto que o segundo demonstra a relação existente entre oferta (precipitação) e demanda atmosférica por água (ET₀) Thornthwaite, (1948). Ambos são indispensáveis na elaboração e execução de políticas públicas que visam a gestão para o uso eficiente dos recursos hídricos, nas suas variadas aplicações (DROGUE et al., 2004).

Para Liu et al. (2013) a seca se inicia pela falta de chuva durante um longo período de tempo. Entretanto esse fenômeno é intensificado se houver uma elevada perda de água para a atmosfera (ET₀). Diversos estudos têm relatado essa vulnerabilidade em relação às irregularidades climáticas, com ênfase aos déficits hidroclimáticos (MARENGO et al., 2017).

2. OBJETIVO

Avaliar a distribuição espacial do índice de aridez no estado do Maranhão em condição atual e em cenários de mudanças climáticas.



3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Relações umidade e precipitação

Aridez é a característica do clima que relaciona a insuficiência de precipitação adequada para manter uma vegetação Sampaio (2002). O Índice de Aridez desenvolvido por Thornthwaite (1948) estabelece uma relação entre a umidade disponível por precipitação e a capacidade de compensar a demanda potencial de água, e é uma avaliação do déficit ou superávit da água baseado na relação entre a precipitação e a Evapotranspiração Potencial.

3.2 O índice de aridez no estudo da desertificação

O índice de aridez, elaborado por Thornthwaite (1948), calcula a diferença entre a quantidade de chuva e a perda de água do sistema, ou seja, a evapotranspiração. Neste cálculo, a evapotranspiração foi utilizada a partir do momento em que se percebeu o caráter decisivo deste parâmetro na determinação de um clima Freitas (2005). O índice de aridez é de relevante utilização nos estudos não só de áreas secas, como também mais especificamente nos estudos da desertificação, sendo consenso que a susceptibilidade a este processo está diretamente associada ao nível de aridez do local Duarte (2003). Já em 1977 este índice foi aplicado no Plano de Ação de Combate à Desertificação das Nações Unidas, Matallo júnior (2003). Vale lembrar que sua utilização foi um dos critérios para delimitar a nova área semiárida no Brasil, Brasil (2005), assim como as áreas integrantes do Polígono das Secas no país também são aquelas que se enquadram na fórmula de Thornthwaite (MATALLO JÚNIOR, 2003).

Apesar desta relação direta entre o índice de aridez e a desertificação, deve-se ressaltar que a determinação da susceptibilidade ou não a este processo não pode ser apontada apenas pelo índice de aridez, uma vez que vários outros fatores estão envolvidos nesta temática (DUARTE, 2003).

Porém, a importância da determinação deste índice para a desertificação está no fato de a ocorrência deste processo se limitar a áreas secas, e o cálculo deste índice indica exatamente esta condição climática. O índice de aridez é considerado de grande precisão na determinação das áreas vulneráveis à desertificação, já que é o único que utiliza variáveis quantitativas para tal análise (SAMPAIO, 2003).



3.3 A desertificação e as terras secas no Brasil

No Brasil, as perdas econômicas são grandes, podendo chegar a US\$ 800 milhões por ano, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), enquanto se estima um valor de US\$ 2 bilhões para recuperação das áreas mais afetadas, para um período de vinte anos (CONAMA, 2008).

O semiárido brasileiro corresponde a uma área aproximada de 1.150.662 km², representando 74,30 % do Nordeste e 13,52 % do país. Cerca de 181.000 km² na região semiárida estão afetados pela desertificação, valor que corresponde a 20 % da área semiárida no país. Já os núcleos de desertificação, Gilbués, Seridó, Irauçuba e Cabrobó, áreas em intenso e irreversível processo de degradação, somam mais de 18 mil km², apresentando como principais causas antrópicas o desmatamento indiscriminado, as queimadas e o pastoreio de caprinos e ovinos (ACCIOLY, 2000).

De acordo com estudos realizados relacionando a pobreza à desertificação no semiárido brasileiro, existe uma forte relação entre os níveis mais altos de pobreza e a degradação ambiental, que, conseqüentemente nestas áreas leva à desertificação (LEMOS, 2000).

3.4 Mudanças climáticas globais e cenários futuros

De acordo com o Relatório do IPCC/ONU, elaborado em 2007, o aquecimento global é uma realidade, no qual a temperatura média global já teve um aumento de 0,6 °C nos últimos 100 anos. Prevê-se um aumento entre 1,4 e 5,8 °C de 1990 a 2100, caso as taxas de emissão de gases estufas continuem com os valores atuais. No Brasil, o aumento da temperatura média também foi verificado, tendo havido até o final do século XX, um acréscimo na temperatura média de 0,75 ° aproximadamente, a partir da normal climatológica (1961 – 1990) de 24,9 °C (HAMADA, 2009).

Aponta-se que concomitantemente ao aumento de temperatura outros eventos irão ocorrer como aqueles extremos de fortes secas e fortes precipitações, derretimento em grande volume de gelo e neve, aumento do nível dos oceanos, dentre outras mudanças (SANTOS, 2008).

As regiões semiáridas são apontadas como aquelas que têm maior probabilidade de serem afetadas a partir destas crescentes tensões climáticas. Não se sabe ao certo a respeito do comportamento do regime pluviométrico nestas áreas, porém, há previsibilidade no que se refere à evapotranspiração, que será ainda maior em consequência ao aumento da temperatura, e, diante disto, a disponibilidade de água será ainda mais afetada nas áreas semiáridas (HAMADA, 2009).



Dentre as previsões diante as mudanças climáticas pode-se apontar:

[...] cenários climáticos prevêm que a temperatura aumente tanto a evaporação, que lagos e açudes se tornarão ainda mais secos, a vegetação da caatinga ficará mais pobre, algumas áreas se tornarão semi-desertos e a agricultura será ainda mais difícil (SANTOS, 2008).

É através de modelos climáticos globais que tais projeções para o clima podem ser realizadas e, conseqüentemente um planejamento para a nova situação se torna possível de ser elaborado. Estes modelos, cada vez mais utilizados, apontam para mudanças no clima diante de determinada alteração na composição atmosférica ocasionada pela atividade antrópica, sendo esta relacionada à demanda energética, emissões de gases estufa e mudanças no uso do solo avaliadas sob uma perspectiva de tendências futuras em conjunto com os comportamentos esperados do sistema climático (SANTOS, 2008).

4. METODOLOGIA

Para a análise das condições normais, baseada em série histórica, foram utilizados dados mensais observados de precipitação e temperatura do ar entre 1987 e 2016, obtidos dos acervos de dados da Agência Nacional de Águas-ANA e Instituto Nacional de Meteorologia-INMET. A temperatura do ar foi utilizada para estimar a evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite (1948).

Para a descrição do cenário climático futuro, foram utilizadas simulações baseadas no modelo climático regional ETA forçado pelo modelo climático global denominado de HadGEM2-ES.

Foram utilizados dados de projeções de mudança do clima para a América do Sul regionalizadas pelo Modelo Eta – INPE para dois Cenários de emissão: *RCP 4.5* (*RepresentativeConcentrationPathways*) – *Intermediário*, que pressupõe que a forçante radiativa se estabiliza em $4,5 \text{ W.m}^2$ em 2100, atingindo cerca de 650 ppm de CO_2 ao fim do século XXI e *RCP 8.5* (*RepresentativeConcentrationPathways*) – *Mais Pessimista*, que estabelece as maiores emissões de gases de efeito estufa, sendo considerado uma projeção pessimista, atingindo $8,5 \text{ W.m}^2$ e 936 ppm de CO_2 em 2100.

O Índice de Aridez foi estimado por meio da razão anual entre a Precipitação (P) e a Evapotranspiração Potencial (ETP). A segmentação das classes foi baseada nas classes climáticas estabelecidas pelas Nações Unidas e pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), conforme Tabela 1.



CLASSES	Índice de Aridez (IA)		
	CONAMA ¹	UNEP ²	Utilizada ³
Hiperárido	<0,05	<0,05	<0,05
Árido	0,05 - 0,20	0,05 - 0,20	0,05 - 0,20
Semiárido	0,21 - 0,50	0,20 - 0,50	0,21 - 0,50
Subúmido Seco	0,51 - 0,65	0,50 - 0,65	0,51 - 0,65
Subúmido Úmido	>0,65	0,65 - 1,00	0,65 - 1,00
Úmido		> 1,00	> 1,00

Tabela 1 - Classes climáticas estabelecidas pelas Nações Unidas e pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)

Fontes: ¹Resolução CONAMA Nº 238 (Brasil, 1997, p. 121); ²United Nations Environment Programme (UNEP, 2007, p. 98) e, ³segmentação de classes adaptada com base nas fontes 1 e 2

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a distribuição espacial do índice de aridez com base nos dados climatológicos observados. Identifica-se predomínio da classe subúmida úmida, com pequeno núcleo de área com classe subúmido seco na região central do estado. Isso revela que nas condições climáticas atuais, os totais de chuvas atendem a demanda atmosférica caracterizada pela evapotranspiração potencial em grande parte do estado, com pequena restrição na região central.

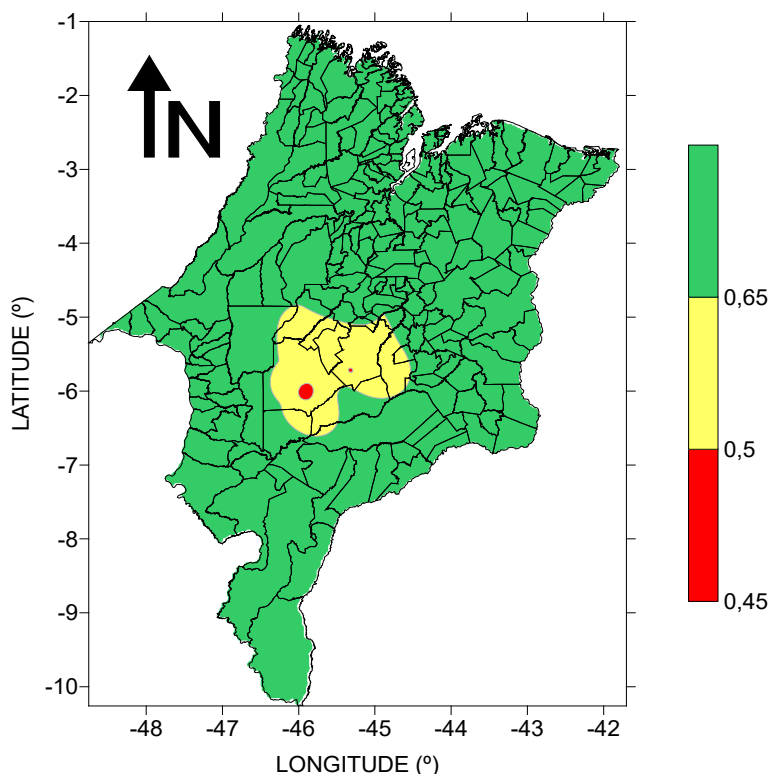


Figura 1 – Índice de aridez: Condição normal.
Fonte: Menezes (2019)

As projeções futuras, nos dois cenários analisados, sendo mais pronunciado no cenário RCP 8.5 (pessimista), indicaram redução da disponibilidade hídrica em todo o estado, sendo mais acentuada no centro-sul, promovida pela redução das chuvas e aumento da temperatura do ar. A elevação da temperatura do ar proporciona aumento da perda de água do solo pelo processo da evapotranspiração, causando um desequilíbrio no balanço de água. No cenário RCP 4.5, Figura 2, que representa um cenário intermediário, observa-se a transformação da área subúmida seca em semi-árida, em relação as condições normais, mostrada na Figura 1, bem como, a expansão da mesma, cobrindo sul e sudeste do estado. Por outro lado, para o cenário pessimista, denominado de RCP 8.5, observa-se a expansão da área semi-árida para a região sudoeste e norte do estado, em relação ao cenário RCP 4.5, conforme mostrado na Figura 3. As áreas subúmida úmida, que predominavam em condições normais, ficaram restritas ao extremo norte do estado em cenários de mudanças climáticas, principalmente no cenário pessimista, com predomínio de clima subúmido seco.

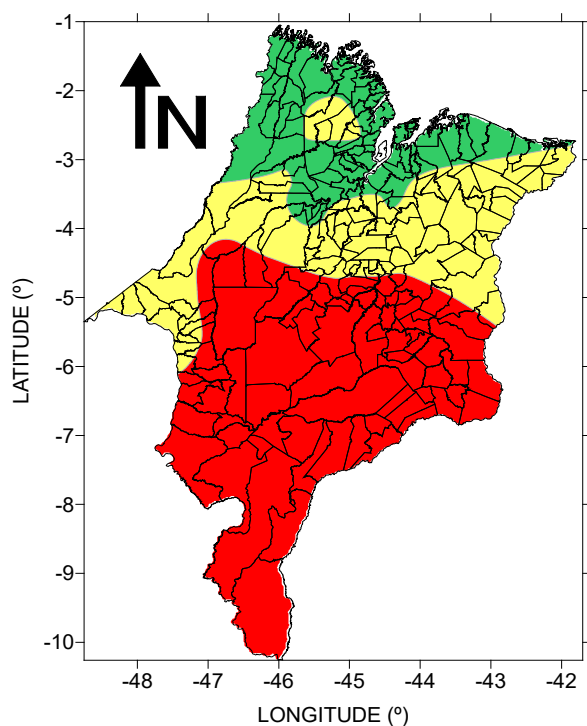


Figura 2 – Índice de aridez: Cenário intermediário.
Fonte: Menezes (2019)

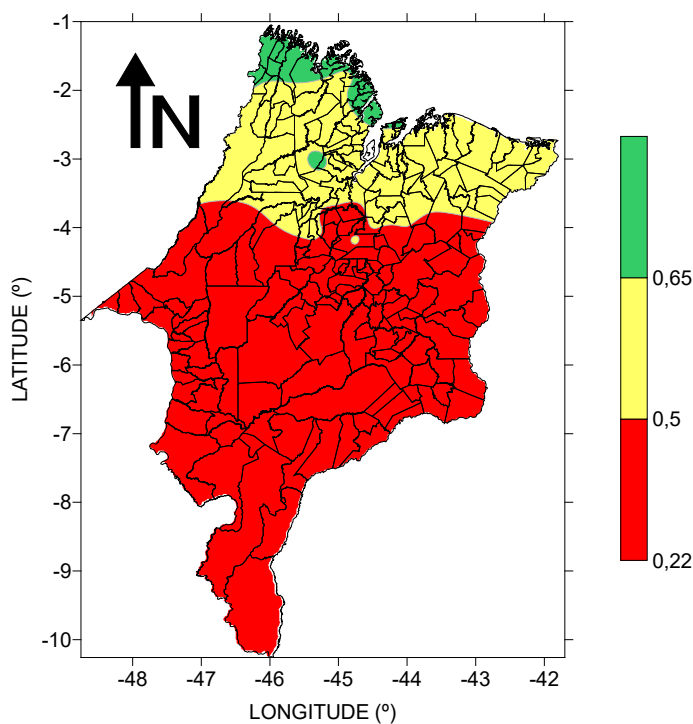


Figura 3 – Índice de aridez: Cenário pessimista.
Fonte: Menezes (2019)

Os cenários climáticos projetados pelo índice de aridez são preocupantes, pois indicam acentuada redução na disponibilidade hídrica no estado do Maranhão nos próximos 30 anos. Esses resultados podem auxiliar na definição de políticas públicas futuras visando o planejamento e a tomada de decisão em questões ligadas ao abastecimento de água para as populações, a dessedentação de animais e disponibilidade hídrica para agricultura e pecuária, dentre outras atividades.

6. CONCLUSÃO

Processo de desertificação, principalmente no Centro-Sul do estado, que poderá promover a esterilidade do solo, perda de nutrientes e da capacidade de produção das áreas afetadas. Alteração da composição arbórea favorecendo as espécies mais adaptadas as condições semiáridas.

Referências

ACCIOLY, L.J.O. Degradação do solo e desertificação no Nordeste do Brasil. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v.25, n.1, p.23-25, 2000.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Cropevapotranspiration: guidelines for computing-cropwaterrequirements. (FAO. IrrigationandDrainagePaper, 56). Rome: FAO, 300 p. 1998.

BRASIL, MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro. Brasília: MISDR, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resoluções do Conama: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008 – 2. ed. / Conselho Nacional do Meio Ambiente. – Brasília: Conama, 2008. 928 p.

DUARTE, J.J. Desertificação do Semi-árido paraibano. Revista Conceitos. João Pessoa. v. 9. nº 9. p. 53-60. jan/jun. 2003.

DROGUE G.; PFISTER, L.; LEVIANDIER, T.; IDRISSE, A.E.; IFFLY, J.F.; MATGEN, P.; HUMBERT, J; HOFFMANN, L. Simulatingthespatio – temporal variabilityofstreamflowresponsetoclimatechangescenarios in a mesoscalebasin. Journal of Hydrology, v.293, n.1 – 4 p.255 – 269, 2004.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. Revista Tecnologia (UNIFOR), Fortaleza, v. Suplem, p. 84-95, 2005.

HAMADA, E. ; GONÇALVES, R.R.V. ; GHINI, R. . Método de elaboração de mapas dos cenários climáticos futuros para o Brasil. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal - RN. Anais do 14 Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2009. v. 1. p. 3891- 3897.

LEMOES, J. J. S. Desertificação no Semi-Árido do Nordeste. In: OLIVEIRA, T. S. et al. (Eds). Agricultura, sustentabilidade e o Semi-Árido. Fortaleza: UFC/SBCS, 2000. p.114-136.

LIU, X; ZHANG, D.; LUO, Y.; LIU, C. Spatialand temporal changes in aridity index in northwest China: 1960 to 2010. Theoreticalandappliedclimatology, v.112, n.1-2, p.307- 316, 2013.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil - past, present, and future. Theoretical and Applied Climatology, v. 129, n. 3- 4 p. 1189-1200, 2017.

MATALLO JUNIOR., H. A desertificação no mundo e no Brasil. In: SCHENKEL, C. S. E MATALLO JR, H (Org). Desertificação. Brasília: UNESCO, 2003.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 238, de 22 de dezembro de 1997 Publicada no DOU no 248, de 23 de dezembro de 1997, Seção 1

SAMPAIO, Everardo V. S. B. & SAMPAIO, Yony. Avaliação de tecnologias atuais e alternativas em áreas em processo de desertificação no semiárido nordestino brasileiro. Recife: FINEP – UFRPE – UFPE, 2002.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, Y.; ARAÚJO, T. V. S. B.; SAMPAIO, G. R.. Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. 202 p.

SANTOS, A. S. Vulnerabilidades socioambientais diante das mudanças climáticas projetadas para o Semi-á-



rido da Bahia. 153 f. (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate *Geographical Review.*, New York, v. 38, p. 55-94. 1948.



CAPÍTULO 4

PROCESSO DE COMPOSTAGEM COMO ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS PROVENIENTE DE RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

COMPOSTING PROCESS AS AN ALTERNATIVE FOR ORGANIC WASTE
TREATMENT FROM UNIVERSITY RESTAURANT

**Liciane Oliveira da Rosa
Tatiana Porto de Souza
Eduarda Gomes
Karine Fonseca de Souza
Jayne da Silva Andrade
Maiara Moraes da Costa
Vanessa Faria de Oliveira
Luciara Bilhalva Corrêa
Érico Kunde Corrêa**

Resumo

O objetivo do trabalho foi de realizar um experimento de compostagem com resíduos orgânicos de um restaurante universitário demonstrando uma solução em relação ao tratamento adequado dos resíduos. O trabalho foi de caráter experimental e foi realizado nas dependências de uma Instituição de Ensino Superior (IES). A IES possui um restaurante universitário que disponibiliza aproximadamente 500 refeições por dia, de segunda a sexta, dentre almoços e jantas para alunos. A unidade experimental foi composta por um experimento em reatores de 100 l e duas repetições. Foram utilizados os resíduos gerados durante a preparação das refeições, sendo restos de legumes, frutas e cascas, o material estruturante responsável por fornecer carbono foi casca de arroz. Após a montagem do experimento foi realizado o monitoramento da temperatura e umidade, além, da revira para oxigenação do processo. Foram realizadas análises laboratoriais dos parâmetros físicos-químicos como o pH, condutividade elétrica, umidade, carbono orgânico, Nitrogênio NTK e relação C/N. Foi constatado através deste trabalho que é possível tratar os resíduos orgânicos proveniente de restaurante através do processo de compostagem, gerando no final um composto maturado, podendo ser usado em plantio de hortaliças, legumes e verduras ou até mesmo como nutriente para o solo, sendo assim, é possível afirmar que a compostagem é uma alternativa viável, segura e de baixo custo para o tratamento de resíduos orgânicos de restaurantes que seriam descartados incorretamente.

Palavras-chave: Composto Orgânico, Tratamento, compostagem.

Abstract

The objective of this work is to carry out a composting experiment with organic waste from a university restaurant, demonstrating a solution concerning the proper treatment of waste. The work was experimental and carried out in a Higher Education Institution (HEI). The HEI has a university restaurant that offers approximately 500 meals a day, from Monday to Friday, among lunches and dinners for students. The experimental unit consisted of an experiment in 100 l reactors and two replications. The organic waste used was the remains of vegetables, fruits, and peels, generated during the preparation of the meals, the structuring material responsible for providing carbon was rice husk. After we set up the experiment, temperature and humidity were monitored, besides the turnaround for oxygenating the process. The laboratory analyzes of physical-chemical parameters such as pH, electrical conductivity, humidity, organic carbon, Nitrogen NTK, and C/N ratio were performed. We found through this work that it is possible to treat organic waste from a restaurant through the composting process, generating at the end a mature compost, which can be used in planting vegetables, or even as a nutrient for the soil, thus, it is possible to state that composting is a viable, safe and low-cost alternative for the treatment of organic waste from restaurants that would be improperly discarded

Key-words: Organic Compound, Treatment, Composting.



1. INTRODUÇÃO

Atualmente devido ao aumento populacional, urbanização e das mudanças no comportamento de consumo, cada vez mais são geradas maiores quantidades de resíduos sólidos (RS) (LOHRI et al., 2017). Estima-se que a produção diária de RS em todo o mundo deve alcançar até o final do século 21, 11 milhões de toneladas, fazendo com que estes se tornem os maiores causadores de impactos ambientais (HOORNWEG, BHADA-TATA E KENNEDY, 2013).

A fração orgânica desses resíduos em particular tem ocupado um elevado percentual, tanto em geração quanto em disposição, e seu descarte inadequado provoca diversos impactos no meio ambiente a partir de todos os tipos de poluição: poluição do ar, da água e do solo, o que culmina em impactos na saúde humana e nos ecossistemas (GHINEA et al., 2018).

Os resíduos orgânicos (RO) causam diversos impactos no meio ambiente, como poluição do solo e da água através do chorume, um líquido escuro, viscoso que é gerado na degradação dos resíduos, e também a poluição do ar, já que os resíduos orgânicos quando descartados inadequadamente geram o gás metano (CH₄), um dos gases do efeito estufa (GEE). Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2013), mais de 50% dos resíduos sólidos gerados nos municípios brasileiros, são de origem orgânica. Diversos setores geram resíduos orgânicos, sendo um deles o é gastronômico, grande parte dos restaurantes brasileiros descartam inadequadamente seus resíduos orgânicos, que são basicamente sobras do pré-preparo das refeições e os restos de comida que ultrapassam o consumo.

De acordo com Associação Nacional de Restaurante (ANR, 2018) o setor gastronômico foi um dos mais que cresceram nos últimos anos. Por conta disso a Política Nacional dos Resíduos sólidos, regulamentada pela Lei 12.305/2010 descreve a compostagem como alternativa ambientalmente correta para destinação correta para os resíduos orgânicos (BRASIL, 2010). Segundo Souza et al., (2001) a compostagem trata-se de um processo biológico que transforma os resíduos orgânicos em uma substância húmica, podendo ser utilizado no processo restos de alimento, frutas, dejetos, folhas entre outros, gerando no final um composto orgânico estabilizado de valor agrônômico e econômico (ROSA et al, 2019). De acordo com Wengen e Freitas (2010) a compostagem doméstica é uma técnica pode ser realizada em pilhas, leiras e composteiras. Essa técnica é feita em escala pequena e permite que sejam realizados em residências, escolas, estabelecimentos comerciais, restaurantes e entre outros.

Portanto, o objetivo do trabalho foi de realizar um experimento de compostagem com resíduos orgânicos de um restaurante universitário demonstrando uma solução em relação ao tratamento adequado dos resíduos.



2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo compreende uma pesquisa experimental, que segundo Gil (2002, p. 47), “determina o objeto de estudo, seleciona as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto”.

2.1 Local de estudo

O experimento foi realizado nas dependências de uma Instituição de Ensino Superior (IES). A IES possui um restaurante universitário que disponibiliza aproximadamente 500 refeições por dia, de segunda a sexta, dentre almoços e jantares para alunos internos, não internos e servidores, sendo oferecida uma variada quantidade de pratos quentes e saladas, gerando quantidades significativas de resíduos orgânicos.

2.2 Montagem do experimento

O delineamento experimental deu-se completamente casualizado. A unidade experimental foi composta por um experimento em reatores de 100 l e duas repetições. Foram utilizados os resíduos gerados durante a preparação das refeições, sendo restos de legumes, frutas e cascas, o material estruturante responsável por fornecer carbono foi casca de arroz. As proporções dos materiais utilizados no tratamento e suas repetições estão ilustradas na Tabela 01.

Tratamento	Material utilizado	Percentual
Reatores 100 l	Cascas, frutas e legumes	60%
	Casca de arroz	40%

Tabela 1: Proporções dos resíduos e material estruturante utilizados nos tratamentos
Fonte: Autores (2020)

2.3 Monitoramento do processo

Após a montagem do experimento foi realizado o monitoramento da temperatura e umidade, além, da revira para oxigenação do processo (GUIDONI, et al., 2018).



- temperatura interna: foi aferida em três pontos (base, meio e topo) com o termômetro digital de espeto (Marca-Akrom);
- temperatura externa, por sua vez, foi medida a partir de um termo-higrômetro digital (marca Htc-1 Xm-51309);
- umidade: foi realizada através de observação e pelo teste da mão (NUNES, 2009);
- revolvimento: realizou-se a aeração da massa dos reatores uma vez por semana sempre as sextas-feiras por revolvimento manual (LIMA et al., 2018).

2.4 Amostragem

Coletou-se o material em três partes da massa do reator (base, centro e topo) seguindo método de Guidoni et al., (2018), homogeneizando para que as análises revelem o que ocorre no experimento como um todo.

2.5 Análises Laboratoriais

Todas as análises foram realizadas em triplicata seguindo metodologias de trabalhos científicos e realizadas no laboratório Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em resíduos e Sustentabilidade (NEPERS) da Universidade Federal de Pelotas (UFPeI).

- pH e Condutividade Elétrica

A medição do pH e da condutividade foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Tedesco (1995) e Embrapa (1996) com modificações.

- Umidade

O teor de umidade e matéria mineral foi determinado pelo método AOAC (1997) que é através do método de secagem da amostra em estufa a 105°C e a queima da amostra na mufla a 550° C seguida de análise gravimétrica.

- Carbono orgânico (CO)

A análise de C orgânico foi realizada utilizando-se o método de Walkley-Black.



- Nitrogênio Total (NTK)

O NTK foi determinado pelo método Kjeldahl, seguindo a metodologia da Embrapa com adaptações (EMBRAPA, 2006; MARQUES et al. 2013). Este método se baseia em três etapas: digestão, destilação e titulação. A relação C/N foi feita através da divisão do resultado do Carbono orgânico pelo resultado do NTK.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Temperatura

Durante todo o processo de compostagem a temperatura máxima registrada para o experimento foi de 61,7°C (foi realizado uma média das duas repetições) (figura 01) indicando que o processo atingiu a fase termofílica que é considerada uma das fases mais importantes, sendo predominante após o início do processo. O processo de compostagem é mais eficiente na fase termofílica, pelo fato da eliminação e/ou redução dos agentes patogênicos, nessa fase ocorre também a diminuição dos fatores fitotóxicos, que afeta a germinação de sementes (COTTA et al., 2011).

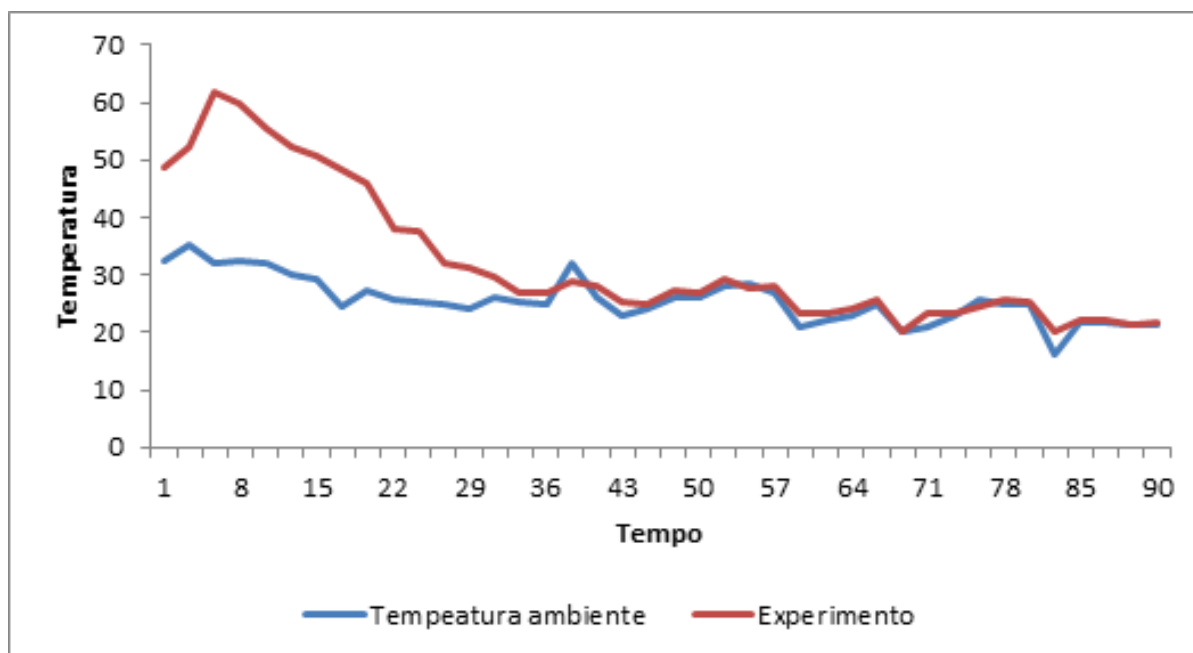


Figura 1: gráfico da temperatura ao longo do processo

Fonte: Autores (2020)

3.2 Parâmetros físico-químicos

Através da Tabela 2 é possível observar os resultados médios de cada parâmetro físico-químicos.

Parâmetro	Tempo (dias)			
	0	30	60	90
pH	5,14 ± 0,11	8,44 ± 0,01	8,49 ± 0,05	8,68 ± 0,02
Condutividade elétrica $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$	1671,67 ± 0,07	1696,00 ± 0,13	1803,83 ± 0,09	2072,50 ± 0,10
Umidade (%)	62,36 ± 1,86	50,84 ± 1,62	48,85 ± 0,75	44,10 ± 0,82
Carbono Orgânico	51,18 ± 0,52	60,16 ± 2,51	44,69 ± 0,58	45,14 ± 0,79
Nitrogênio (NTK)	3,38 ± 0,24	3,21 ± 0,30	3,30 ± 0,40	3,29 ± 0,26
Relação C/N	15,41 ± 2,26	19,05 ± 1,16	14,21 ± 1,86	14,05 ± 1,39

Tabela 2: resultados médios de cada parâmetro físico-químicos e erro padrão
Fonte: Autotres (2020)

O pH inicial do experimento começou com faixas ácidas, no entanto, ao longo do processo o pH aumentou terminando na faixa alcalina. De acordo com Jiang (2011) as altas temperaturas e a liberação de ácidos orgânicos tornam o pH levemente ácido, mas ao longo do processo os microorganismos usam esses ácidos como substrato fazendo com que os valores do pH aumente finalizando no final do processo com valores entre 7 a 9, sendo características de um composto maturado.

Em relação a condutividade elétrica (CE) pode-se observar que os valores aumentaram ao longo do processo, segundo Bernal, Albuquerque e Moral (2009), o aumento da degradabilidade e da transformação do material no processo faz com que ocorra um aumento da condutividade elétrica. Portanto, os valores não devem ultrapassar em composto final $4000,00\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$, uma vez que compostos orgânicos com sais em altas concentrações dispostos em solo podem ser prejudiciais para sementes e mudas transplantadas (ZHANG, 2016).

Ao longo do processo, o experimento apresentou uma redução da umidade, devido que o mesmo obteve a fase termofílica, onde o aumento da temperatura favorece a evaporação da água. De acordo com Agyarko-Mintah (2017) o teor de umidade ideal ao longo do processo de compostagem é entre 40 – 60%, sendo que valores abaixo de 40% diminuem atividade microbiana, aumentando assim o tempo do processo de compostagem, já valores acima de 60% criam condições anaeróbicas na massa de compostagem promovendo consequências indesejáveis, tais como: odores, atração de vetores, chorume.

Os resultados de carbono orgânico (% em base seca) conforme ilustra a tabela, houve um aumento do tempo 0 até o tempo 30, após esses tempos os valores reduziram e finalizaram na faixa percentual dos 40%. Um dos fatores que faz com que ocorra um aumento do C orgânico no início do processo são a formação de ácidos orgânicos e a sua incorporação no protoplasma celular microbiano (VALENTE et al., 2009). Portanto, de acordo Tuomela et al., (2000) ao longo do processo

a concentração do carbono orgânico tende a diminuir por conta dos microorganismos que degradam a matéria orgânica, e em decorrência dessa atividade, liberam C orgânico na forma de CO_2 para atmosfera, diminuindo assim a concentração no processo de compostagem.

O NTK ao longo do processo não sofreu variação iniciando e finalizando na faixa percentual dos 3%. No processo de compostagem a conservação do nitrogênio no material é vantajosa para o processo, pois irá auxiliar na biotransformação proporcionando a reciclagem desse nutriente, evitando seu desprendimento, que pode ser em forma de NH_3 , emissões de N_2O , gerando lixiviados que são altamente poluidores impactando negativamente o meio ambiente (ADHIKARI et al., 2013).

O valor final da relação C/N do experimento ficou dentro do limite permitido pela legislação brasileira que estipula que a relação C/N do composto classe C é de 20/1 (BRASIL, 2009). A relação C/N é um dos parâmetros mais importante no processo de compostagem, sendo um indicador de maturação do composto orgânico e seus efeitos no crescimento microbiológico, já que a atividade dos microrganismos heterotróficos, envolvidos no processo, depende tanto do conteúdo de C para fonte de energia, quanto de N para síntese de proteína, portanto um composto maturado apresenta uma relação na faixa de 12/1 a 20/1 (SISOUANE, 2017).

4. CONCLUSÕES

Foi constatado através deste trabalho que é possível tratar os resíduos orgânicos proveniente de restaurante através do processo de compostagem, gerando no final um composto maturado, podendo ser usado em plantio de hortaliças, legumes e verduras ou até mesmo como nutriente para o solo. Assim é possível afirmar que a compostagem é uma alternativa viável, segura e de baixo custo para o tratamento de resíduos orgânicos de restaurantes que seriam descartados incorretamente, pois após o processo aplicado se obtém um composto rico em nutrientes, ambientalmente proveitoso e vantajoso.

Referências

ABRELPE - Associação Brasileira De Empresas De Limpeza Pública E Resíduos Especiais, **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2009**. São Paulo, 2013.

ADHIKARI, B.K. et al. Gas emissions as influenced by home composting system configuration. *Journal Of Environmental Management*, [s.l.], v. 116, p.163-171, fev. 2013.

AGYARKO, E. et al. Biochar increases nitrogen retention and lowers greenhouse gas emissions when added to composting poultry litter. **Waste Management**, v. 61, p. 138-149, 2017.

ANR, Associação Nacional de Restaurante. **Crescimento no setor gastronômico**. Disponível em: < <https://anrbrasil.org.br/noticias/> >. Acesso em: 01 de jun. 2020.



BERNAL, M.P; ALBURQUERQUE, J.A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. **A review. Bioresource Technology**, [s.l.], v. 100, n. 22, p.5444-5453, nov. 2009.

BRASIL, SDA - **INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA N. 27, 05 DE JUNHO DE 2006**. Secretária de Defesa Agropecuária. Disponível em < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacoes> > Acesso em: 10 de jun. 2020.

BRASIL, **Lei N. 12.305/2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Brasília: 2010. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm > Acesso em: 12 de jun. 2020.

COTTA, J. A. O. et al. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 20, n. 1, p.65-78, mar. 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1996. 212p.

GHINEA, C. et al. Development of a model for food waste composting. **Environmental Science And Pollution Research**, [s.l.], v. 26, n. 4, p.4056-4069, 15 dez. 2018.

GUIDONI, L. L. C. et al. Solid waste generation in a hotel event service. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, [s.l.], v. 34, n. 2, p. 237-247, 1 maio 2018.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas S.A 2002.

HOORNWEG, D; BHADA-TATA, P; KENNEDY, C. Environment: Waste production must peak this century. **Nature**, [s.l.], v. 502, n. 7473, p.615-617, 30 out. 2013.

JIANG, T. et al. Effect of C/N ratio, aeration rate and moisture content on ammonia and greenhouse gas emission during the composting. **Journal Of Environmental Sciences**, [s.l.], v. 23, n. 10, p.1754-1760, out. 2011.

LIMA, L. C. et al. Qualidade do composto gerado no tratamento de resíduos sólidos de restaurante e diferentes resíduos orgânicos. **Revista Engenharia na Agricultura - Reveng**, [s.l.], v. 25, n. 5, p.407-416, 24 nov. 2018. *Revista Engenharia na Agricultura*.

LOHRI, C. R. et al. Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings. **Reviews In Environmental Science And Bio/technology**, [s.l.], v. 16, n. 1, p.81-130, 10 fev. 2017.

MARQUES, R.V. et al. Canned Anchoita (Engraulis Anchoita): Technological Process and Sensory Analysis - an Alternative for Human Feed. **American Journal Of Food Science And Technology**, Pelotas, v. 1, n. 3, p.18-24, set. 2013.

NUNES, M.U.C. **Compostagem de resíduos para a produção de adubo orgânico na pequena propriedade**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, p.1-7, 2009. Disponível em: < http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/ct_59.pdf > Acesso em: 13 de jun. de 2020.

ROSA, L.O.; DE SOUZA, T.P.; DE OLIVEIRA, V.F.; CORRÊA, L.B.; CORRÊA, E.K. Valorização Dos Resíduos Orgânicos Do Setor De Hortifrutigranjeiro Pelo Processo De Compostagem Doméstica. **Revista Simioses**. Rio de Janeiro, v.13, n.2, abr/jun, 2019.

SISOUANE, M. et al. Prediction of organic carbon and total nitrogen contents in organic wastes and their composts by Infrared spectroscopy and partial least square regression. **Talanta**, v. 167, p. 352-358, 2017

SOUZA, F.A. de; AQUINO, A.M. de; RICCI, M. dos S.F.; FEIDEN, A. **Compostagem. Seropédica: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária** - Embrapa Agrobiologia, 11 p., 2001 (Boletim Técnico, nº 50).

TEDESCO, J.M. et al. **Análise de solo plantas e outros materiais**. Porto Alegre. Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995. 174 p.

TUOMELA, M. et al. Biodegradation of lignin in a compost environment:: a review. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 72, p.169-183, 2000.



VALENTE, B.S. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Arquivos de zootecnia**. v.58. p.60-76, ago 2009.

WANGEN, D. R.B; FREITAS, I. C. V. Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [s.l], v. 5, n. 2, p.81-88, 2010.

ZHANG, L.; SUN, X. Influence of bulking agents on physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage composting of green waste. **Waste Management**, n. 48, p. 155-126, 2016.



CAPÍTULO 5

AVALIAÇÃO DA DEMANDA ENERGÉTICA NO PROCESSO DE SECAGEM ARTIFICIAL DA PIMENTA DO REINO EM DIFERENTES TEMPERATURAS

EVALUATION OF ENERGY DEMAND IN THE PROCESS OF ARTIFICIAL
DRYING OF THE KINGDOM PEPPER AT DIFFERENT TEMPERATURES

Jarlyr Vieira dos Santos

Saulo Inglis Marinho

Felipe da Cunha Flores

José Renan da Silva e Silva

Magnun Antonio Penariol da Silva

Resumo

A energia utilizada nos diversos processos da cadeia produtiva do agronegócio pode variar entre diversos tipos, como energia mecânica, cinética, potencial, eletromagnética, entre outros, caracterizando questão de suma importância a possibilidade de mensurar o uso deste recurso em cada processo, para o âmbito econômico e ambiental. Sendo assim, buscou-se analisar o processo de secagem de Pimenta do Reino (*Piper nigrum*) por um silo secador de leito fixo desenvolvido e construído por discentes do curso de engenharia agrícola da Universidade Federal Rural da Amazônia, dispondo de um motor de 1 CV de potência e dois resistores de 1,2 e 1,5 KW para geração de calor no sistema. Foram utilizadas amostras de 5 Kg de Pimenta do reino recém colhidas e debulhadas e assim submetidas a secagem nas temperaturas de 50° C e 60° C, com vazão do ar de 9 m³.s⁻¹ e 6 m³.s⁻¹ respectivamente. A secagem da Pimenta do reino submetida a diferentes temperaturas apresentou dois parâmetros de gasto energético, sendo a temperatura de 50°C a de maior gasto energético e a de 60° de menor consumo. Portanto, a secagem a temperatura de 60°C mostrou-se a mais eficiente quanto ao gasto energético no processo de secagem artificial.

Palavras-Chave: Secagem, Consumo Energético, Viabilidade econômica, Pimenta do reino.

Abstract

The energy used in the various processes of the agribusiness production chain can vary between different types, such as mechanics, kinetics, potential, electromagnetic, among others, characterizing the issue of paramount importance the possibility of measuring or using this resource in each process, to perform economic and environmental. Therefore, you can analyze or process the drying process of black pepper (*Piper nigrum*) by a fixed bed dryer silo developed and built by students of the agricultural engineering course at the Federal Rural University of the Amazon, available for 1 horsepower CV and two 1.2 and 1.5 KW resistors for generating heat in the system. 5 kg of freshly harvested and threshed black pepper were used and, therefore, subjected to drying at temperatures of 50° C and 60° C, with leakage of 9 m³.s⁻¹ and 6 m³.s⁻¹, respectively. The drying of black pepper submitted to different temperatures presented two parameters of energy expenditure, with the temperature of 50 ° C being the highest energy expenditure and the lowest consumption of 60 °. Therefore, the drying temperature of 60 ° C proved to be more efficient in terms of energy expenditure in the artificial drying process.

Keywords: drying, energy consumption, economic viability, pepper of the kingdom.



1. INTRODUÇÃO

A energia está presente em variados setores, na agricultura, há uma demanda de quantidade de energia para a realização das atividades agrícolas, este tipo de energia é que está disposta em várias outras formas e são responsáveis por desempenhar as necessidades do agronegócio, como, por exemplo, propiciar o acionamento e o funcionamento de máquinas e motores. Sendo assim, a energia utilizada na agricultura está compreendida em energia cinética, eletromagnética e potencial, podendo conter outras, mas em geral, é de grande importância a busca por se conhecer a quantidade de energia gasta para a realização das atividades ligadas a agricultura (ALBIERO, 2010).

A Pimenta do reino (*Piper nigrum* L.) pertence à família *Piperaceae*, sendo originária da Índia, é uma das mais importantes especiarias comercializadas no Brasil, sendo trazida pelos portugueses durante o século XVII, Porém com a chegada dos imigrantes japoneses, a cultivar Cingapura foi um dos principais genótipos a ser introduzida no que tange ao cultivo da cultura principalmente no município de Tomé-Açu, tornando-se base econômica para muitos agricultores (ALVES, 2015).

O procedimento de secagem de grãos e sementes é utilizado de forma muito recorrente pelos produtores e indústria. Esse processo consiste na remoção de grande parte da água contida no produto a um certo nível, provocando condições desfavoráveis a continuidade de suas atividades metabólicas e ao desenvolvimento de microrganismos, tornando maior a sua conservação (MARTINAZZO, 2007).

O Brasil exporta a Pimenta do reino para diversos países, dentre eles estão os Estados Unidos, Alemanha, Espanha e Holanda (EMBRAPA, 2004). Tal commodity apresenta elevada importância socioeconômica na obtenção de renda para produtores rurais, empregando cerca de 50 mil pessoas no período da safra, e por meio das exportações podendo gerar em torno de US\$ 50 milhões por ano para economia do país (DESER, 2008).

As tecnologias de pós-colheita da Pimenta do reino, são diversas, desde a secagem passando pelo beneficiamento até o armazenamento, estes processos variam e a demanda energética utilizada nesses processos se modificam de acordo com o método utilizado. Diante do exposto, este trabalho objetivou-se analisar o processo de secagem da Pimenta do reino com o intuito de constatar o gasto da energia elétrica ao longo de um determinado tempo utilizando um silo secador de leito fixo.



2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Pimenta do reino

A Pimenta do reino (*Piper nigrum L.*) é pertencente à família Piperaceae. Segundo Soltis (1999) há cerca de 1.400 espécies distribuídas no mundo todo, visto que, no Brasil, essa família se destaca por meio de quatro gêneros e aproximadamente 500 espécies (MAGEVSKI, 2011).

É uma planta predominante de clima tropical, designada como trepadeira, semi-lenhosa, e perene, cresce firmando-se em tutores, apresenta frutos do tipo baga, sua inflorescência se dá por meio dos ramos plagiotrópicos, suas folhas são pecioladas e com localização à altura dos nós existentes nos ramos (DUARTE, 2004).

A Pimenta do reino é uma espécie nativa das florestas de Malabar, Índia, e é amplamente cultivada em regiões tropicais como a Malásia, Indonésia, América do Sul e Índia Ocidental. O maior produtor é o Vietnã quando se refere a produção mundial, seguido pela Indonésia, Índia, Malásia e Brasil (MENDONÇA, 2019).

É um condimento utilizado no mundo inteiro, dispõe de elevado valor econômico, apresenta-se como especiaria essencial ao que tange o preparo e, também a realização do processamento de alimentos, os óleos extraídos dos grãos são vastamente usados na indústria de perfumarias (CONAB, 2015).

A pipericultura foi inserida no Brasil na década de 30 através dos portugueses, essa *commodity* chegou no estado do Pará por meio da imigração japonesa que iniciou-se a produção mais precisamente no município de Tomé-Açu, e desde então a Pimenta do reino perdura sendo um dos principais cultivos agrícolas de interesse econômico na região amazônica, ressaltando-se a Cingapura como um dos principais genótipos mais cultivados, com aproximadamente 80% dos plantios existentes no país (MARTINS, 2018).

A cultivar que apresenta um dos maiores destaques ao que tange a produtividade é a Iaçará, sendo que suas folhas são estreitas com tamanho médio, as espigas de 9 cm à 8g, contém aproximadamente 40 frutos/espiga, com uma média de produção de 2,6 kg de pimenta-preta/planta, o rendimento médio é de 2.500 kg/ha de pimenta-preta, seu ciclo de maturação ocorre nos meses de agosto à outubro, possui alta resistência à murcha amarela, característica essa que à difere positivamente à outras cultivares como principalmente a Cingapura (POLTRONIERI & LEMOS, 2014; MENDONÇA et al, 2019).

Para o ano de 2017, a colheita da pimenta do reino no Brasil apresentou cerca de 29 mil hectares plantada nas regiões sudeste, norte e nordeste, destacando-se

com uma produção média de 80 mil toneladas, sendo que o Estado do Pará se concentrou o maior índice de produção a nível nacional, com cerca de 49,86% do montante total produzido no país, com uma produção de 39.577 toneladas de fruto, em 16.289 ha, alcançando uma produtividade média 2,452 ton/ha (IBGE, 2018).

2.2 Balanço energético

O balanço energético é uma ferramenta que serve como suporte para contabilizar os gastos de energia. Usualmente é feito em formato de matriz, no qual todas as principais formas de energia são expressas em uma única unidade, principalmente os fluxos de energia produzido desde o início de qualquer que seja a origem da atividade que se esteja utilizando energia, deslocando-se e se modificando até chegar no seu consumo energético final, dentro um específico espaço socioeconômico e que se perdura durante um determinado tempo no decorrer do processo (EPE, 2005).

Uma estrutura que surgiu com o objetivo de gerar informações para realizar a contabilização do fluxo de energia primária, obtendo um retrato de onde se extrai a energia e, também onde a mesma é utilizada, e por meio desses parâmetros constituir de forma organizada um planejamento energético de uma determinada região ou local, por meio do balanço energético é possível ilustrar de forma precisa o comportamento do fluxo energético, contando que tal ação seja feita periodicamente para garantir um histórico constante (MADUREIRA, 2014).

Para classificação dos gastos energéticos existe uma extensa lista de unidades, como os gastos com energia elétrica é calculado por meio da medida em kWh, no entanto para quantificar os custos com a gasolina a unidade é em litros, essa variação de unidades, entretanto não admite que seja feita uma comparação de forma direta entre os diferentes tipos energéticos contabilizados, já que a presunção dos balanços energéticos é apresentar somente uma matriz dos fluxos das distintas formas de energia, se torna necessário então a adoção de uma única medida, uma unidade que seja comum para as diferentes fontes de energia, de modo que favoreça a utilização e apresentação do balanço energético (PEDERNEIRAS, 2007).

2.3 Mercado

O preço da pimenta variou de forma significativa nas últimas décadas, fazendo com que produtores apostassem no plantio da cultura e outrora que desistissem da mesma partindo para outra mais estável. Em 2014 por exemplo, o valor da pimenta do reino alcançou R\$ 14,42/kg, e continuou subindo chegando a R\$ 28, 90/kg em outubro de 2015. A partir de novembro de 2015, o preço começou a cair, chegando a R\$ 13,69/kg em abril de 2017 (CONAB, 2017).



Conforme o presidente da Cooperativa dos Produtores Agropecuários da Bacia do Cricaré (Coopbac), Erasmo Carlos diz que o produtor precisa para manter sua rentabilidade na pimenta do reino e vender a pimenta ao menos R\$ 10/kg. Porém, o valor segundo Carlos, chegou a R\$ 5/kg no ano de 2018 (GAZETA, 2019).

2.4 Secagem

O processo de secagem de grãos tem a finalidade de reduzir o teor de água afim de manter a qualidade do mesmo por um tempo mais longo. Isso ocorre pelo fato de que há uma redução no metabolismo desse grão com a evaporação de grande parte da água no qual possui, fazendo com que as atividades biológicas fiquem mais lentas e assim levando mais tempo para o grão se deteriorar, e por consequência, dificulta o desenvolvimento de microrganismos (MARTINAZZO et al, 2007; SILVA et al, 2014).

A secagem de grãos demanda grande quantidade de energia, por esse motivo muitos produtores agrícolas buscam outras alternativas energéticas com o objetivo de reduzir os custos e buscar a viabilização do processamento dos produtos agrícolas, e uma das alternativas é a utilização energias a partir de biomassa produzidas na própria propriedade rural. Outras fontes são adotadas também para evitar a utilização da energia a partir de hidrelétricas e assim reduzir os custos (MATA et al, 1999). Porém, a utilização da energia elétrica no processo de secagem da pimenta do reino ainda é pouco empregada na região Norte, e com a queda do valor bruto da pimenta, os gastos com energias no processo da secagem tem sido fatores determinantes e passível de se analisar a viabilidade da utilização dessa matriz através da análise da demanda de energia elétrica.

A definição do consumo específico de energia é como a quantidade de energia por unidade de massa necessária à remoção da água nos grãos. Dependendo do tipo de secador a energia do processo de secagem pode ser proveniente de combustíveis ou de energia elétrica ou como na maioria dos secadores com ambas as fontes para acionamento dos ventiladores e do aquecimento do ar. A implantação de análises e estudos do consumo de energia no processo de beneficiamento do grão implica no uso racional dessas fontes de forma a evitar o desperdício da mesma, evitando prejuízos ao produtor no final do processamento, inviabilizando a muitos a utilização desse sistema de secagem do leito fixo (LOPES et al, 2000).

3. METODOLOGIA

3.1 Pesquisa

A presente pesquisa é de caráter quantitativo, realizada através de métodos experimentais, para a tabulação dos dados utilizou-se como suporte o Microsoft Excel 2016.

3.2 O secador

O equipamento consiste em um secador de leito fixo desenvolvido por alunos do curso de Engenharia Agrícola no laboratório de Secagem e Armazenamento de Produtos Agrícolas da Universidade Federal Rural da Amazônia- Campus Tomé-Açu, funcionando com um motor de 1 cv de potência e rendimento de 76%, utilizando-se dois resistores de 1,2 e 1,5 KW com o intuito de realizar a geração de calor para o sistema. O fluxo de ar aquecido é transmitido e canalizado através de tubulações de pvc até um silo secador com capacidade de 50 kg.

3.3 As amostras

Foram utilizadas amostras de 5 Kg de pimenta do reino recém colhidas e debulhadas, do tipo Iaçará, Cingapura e Tiracota misturadas, levando em consideração que a prática do plantio nestas condições é comum na região.

3.4 A secagem

As amostras foram submetidas a secagem nas temperaturas de 50° C e 60° C como indica (ALVES, 2015), e com vazão do ar de 9 m³.s⁻¹ e 6 m³.s⁻¹ respectivamente, de acordo com a capacidade do equipamento, até que as mesmas obtivessem variação de peso desprezível segundo medições realizadas a cada uma hora.

3.5 As análises

A mensuração da quantidade de água evaporada no processo de secagem foi realizada de forma aproximada, através da fórmula:



$$U\% = \frac{P_i - P_f}{P_i} \cdot 100$$

Sendo:

U% - Umidade removida pelo processo (%)

P_i – Peso inicial da amostra.

P_f – Peso final da amostra.

A quantificação da energia específica demandada pelo sistema de secagem foi realizada segundo BORÉM p. 249.

$$CEE = \frac{\text{Energia utilizada pelo secador}}{\text{Quantidade de água removida}}$$

Para obter o consumo da energia fornecida pelas concessionárias de energia utilizou-se o método descrito por MELO et al, 2018 adaptado.

$$CT = Pot\ resist \cdot \left(\frac{Pot\ nominal \cdot 0.736}{\pounds} \right) \cdot \Delta t$$

Sendo:

CT – Consumo total de energia (kWh)

Pot nominal – Potência nominal (cv)

Pot resist – Potência dos resistores (KW)

Δt – Tempo do processo de secagem (h)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de secagem referentes a secagem em diferentes temperaturas (50°C e 60°C) no secador de leito fixo podem ser observadas nas Figuras 1 e 2.

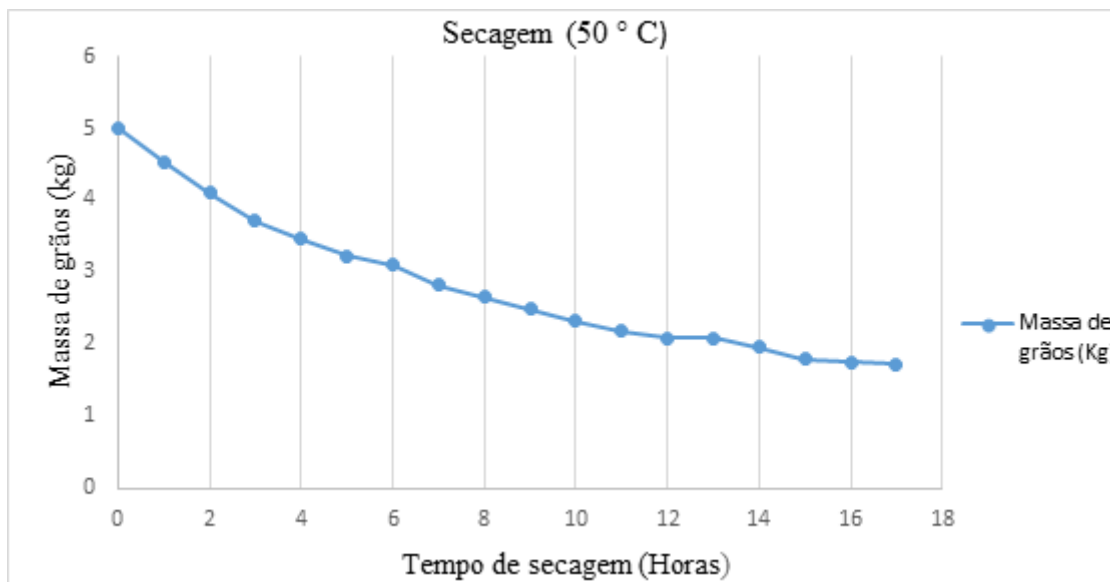


Figura 1- Variação da massa de grãos em função do tempo de secagem, na temperatura de 50°C
Fonte: Autores (2019)

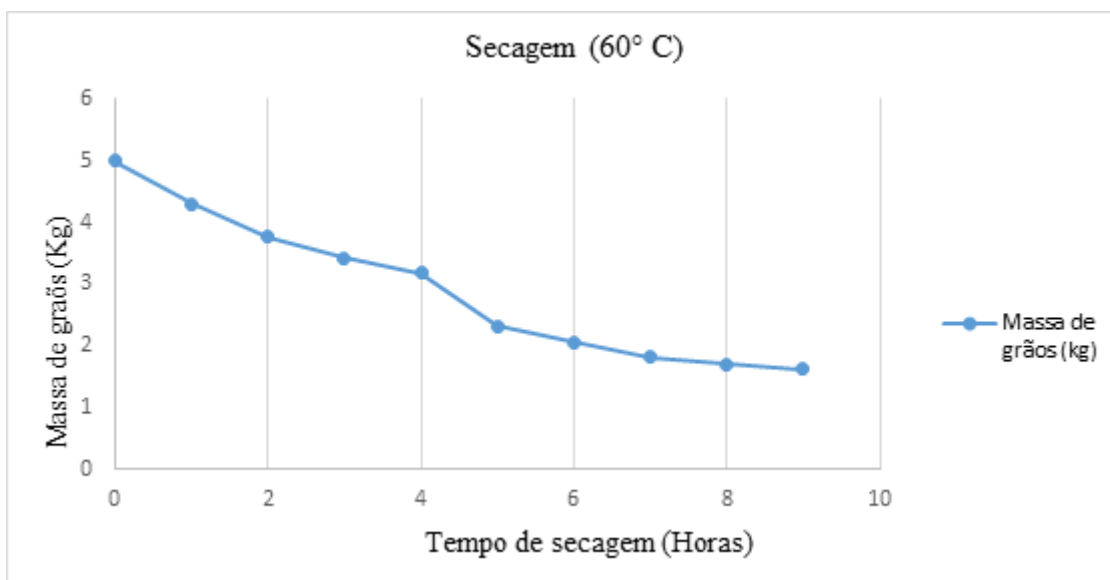


Figura 2- Variação da massa de grãos em função do tempo de secagem, na temperatura de 60°C
Fonte: Autores (2019)

Na Figura 1, secagem a 50°C, a massa de grãos de Pimenta do reino inicial foi 5 kg, observando que a variação de massa foi maior na primeira hora de secagem, perdendo 467 g de massa dos grãos. Nessa figura, ainda pode-se observar, que após a primeira hora de secagem a perda de massa diminui gradativamente em função do tempo até atingir taxa de variação de massa menor de 30 g.

Na Figura 2, em que a secagem foi a 60° C, a massa dos grãos de 5 kg inicial teve maior variação na primeira hora comparado a Figura 1. Apresentando variação de massa de 706 g de massa, no entanto, o padrão de secagem se aproxima do apresentado na Figura 1, em que após a primeira hora de secagem a perda de massa diminui em função do tempo até atingir taxa de variação de massa menor de 30 g. Nessa Figura, pode-se observar ainda que o tempo gasto para a secagem foi menor.

A curva de consumo de energia, no processo de secagem da Pimenta do reino submetido a diferentes temperaturas de secagem (50°C e 60°C) pode ser observada nas Figuras 3 e 4.

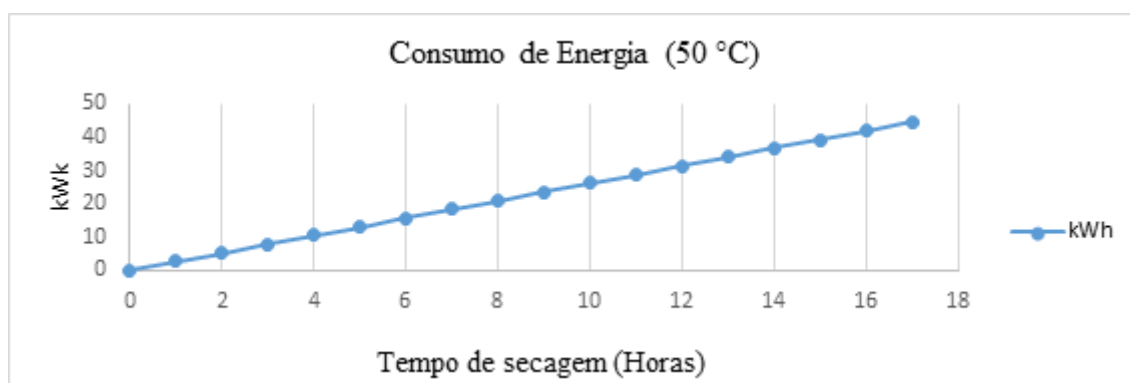


Figura 3- Consumo de Energia elétrica em função do tempo de secagem da massa dos grãos de Pimenta do reino, submetida a 50°C
Fonte: Autores (2019)

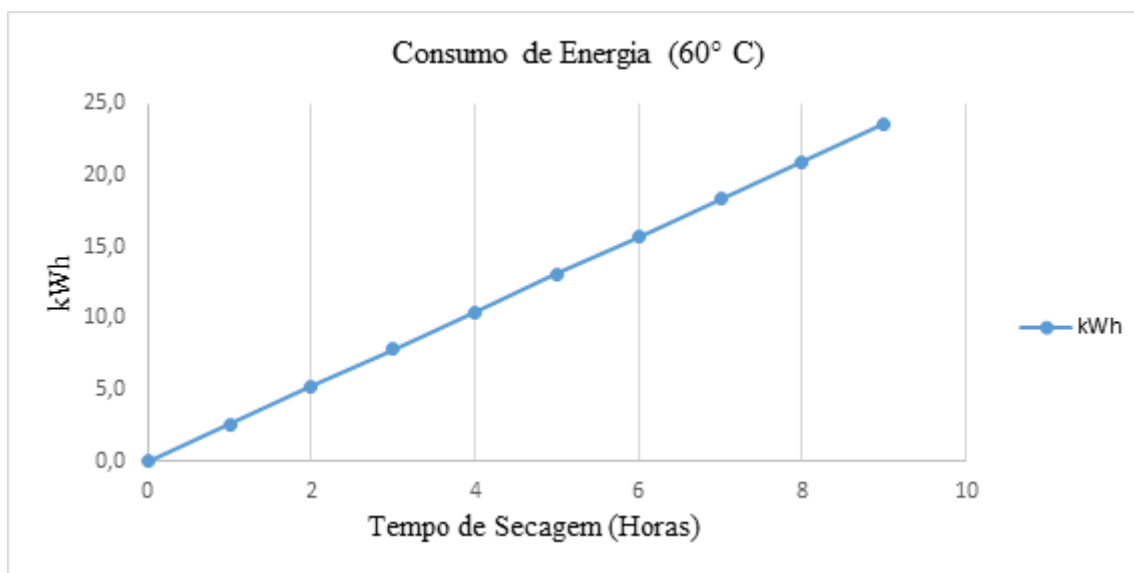


Figura 4- Consumo de Energia elétrica em função do tempo de secagem da massa dos grãos de Pimenta do reino, submetida a 60°C
Fonte: Autores (2019)

Nota-se que a Figura 3 e 4, apresentam o consumo de energia elétrica em função do tempo. O consumo de energia elétrica em kWh foi diretamente proporcional ao tempo de secagem da Pimenta do reino. Na Figura 1, com a temperatura de secagem de 50°C, o tempo para a massa dos grãos atingir o padrão desejado é superior a secagem em temperatura a 60°C, conforme a Figura 2.

Com isso, observa-se elevado consumo na Figura 1, com a menor temperatura em relação a secagem complementar com maior temperatura. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de elevadas temperaturas aumentar a taxa de água evaporada, dessa forma, quanto menor a temperatura de secagem, maior será o tempo para atingir a massa constante dos grãos, com isso, acarretando maior custo.

	Temperatura e Vazão	
	50° / 9 m ³ .s ⁻¹	60° / 6 m ³ .s ⁻¹
Massa evaporada (Kg)	3.275	3.380
Tempo de Secagem (h)	17	9
CEE (KJ/Kg)	3,78	3,66
CT (kWh)	44,54	25,53

Tabela 1 - Resultados em diferentes temperaturas e vazões de: Massa evaporada (Kg); Tempo de Secagem (h); Consumo específico de energia (CEE) e Consumo total de energia (CT).

Fonte: Autores (2019)

Segundo a tabela 1, a diferença de massa de água evaporada entre os dois processos de secagem pode ser considerada pequena, porém, quanto ao tempo decorrido até que as amostras alcancem o peso constante a variação de temperatura e vazão do ar implicou em uma diferença significativa. Essa variação de tempo resultou em um menor gasto de energia elétrica por parte do sistema quando se utilizou a temperatura a 60° C e a vazão de ar de 6 m³.s⁻¹, apresentando uma redução de 57,3% na demanda de energia e conseqüentemente no gasto financeiro.

Quanto ao consumo específico de energia para a secagem em diferentes temperaturas, observa-se que o consumo específico de energia se manteve próximo nas duas temperaturas (50°C e 60°C) havendo variação de 0,12 KJ/Kg entre elas. Segundo Thompson, citado por OSÓRIO (1982), o consumo específico para esse tipo de secador deve estar na faixa de 4.185 a 5.120 kJ kg⁻¹ de água evaporada. Diante disso, pode-se observar que o consumo específico de energia nas temperaturas de 50°C e 60°C observado foi inferior ao citado por Thompson. Melo et al (2013) que obteve resultados semelhantes em sua pesquisa, considerando os resultados como muito bom.

5. CONCLUSÃO

A secagem da Pimenta do reino submetida a diferentes temperaturas apresentou dois parâmetros de gasto energético, sendo a temperatura de 50°C a de maior gasto energético e a de 60° de menor consumo. Portanto, a secagem a temperatura de 60°C mostrou-se a mais eficiente quanto ao gasto energético no processo de secagem artificial. Através da pesquisa podemos concluir também, que a secagem artificial apresentou caráter satisfatório quanto ao tempo de secagem, comparado ao método de secagem ao sol.



A utilização de métodos de secagem artificiais acarreta o aumento de gastos financeiros, mesmo sem levar em consideração o custo para obtenção ou confecção de um sistema de secagem deste porte, apenas o valor pago pela utilização da energia elétrica é o suficiente para elevar os custos do processo produtivo. Porém vale ressaltar que a aplicação de um sistema de secagem artificial gera benefícios para o produto final, tal como sua segurança sanitária, fator que nos últimos anos foi decisivo no processo de determinação do preço da Pimenta do reino no cenário mundial.

Referências

ALBIERO, D. **Tipos de energia utilizados na agricultura**. Jornal dia de campo disponível: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=24974&secao=Agrotemas>>. 2010. Acesso em: 23 de Julho de 2019.

ALVES, D. A. S. **Secagem de pimenta do reino preta (piper nigrum l.) em secador de leito fixo**. Dissertação de Mestrado. UFSC, São Carlos, SP, 2015.

BORÉM, F. M. **Pós-Colheita do café**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. 631 p. CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento: Preços de Produtos Agrícolas. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 19 de Julho de 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntura pimenta do reino no Espírito Santo**. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/conjuntura de pimenta do reino 2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/conjuntura%20de%20pimenta%20do%20reino%202015.pdf). Acesso em: 19 de Julho de 2019.

DESER. **Departamento de estudos socioeconômicos**. Secretaria de Agricultura Familiar. Curitiba, novembro, 2008.

DUARTE, M. L. R. **Cultivo da pimenta do reino na Região Norte**. Belém/PA: Embrapa Amazônia Oriental. p. 1-185, 2004.

EMBRAPA. **Manual Segurança e Qualidade para a Cultura da Pimenta do Reino**, EMBRAPA/SEDE, Brasília, 2004.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Procedimentos de Elaboração de Balanços Energéticos**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/conteudo/download/PE_Procedimentos_Elaboracao.pdf>. Acesso em: 19 de Julho de 2019.

GAZETA. **Produção de pimenta do reino cresce, mas preço vira desafio**. Portal Campo Vivo. Linhares, ES. Disponível em: <[https://campovivo.com.br/economia/producao-de-pimenta do reino-cresce-mas-preco-vira-desafio/#respond](https://campovivo.com.br/economia/producao-de-pimenta-do-reino-cresce-mas-preco-vira-desafio/#respond)>. Acesso em: 19 de Julho de 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA. Produção Agrícola Municipal 2017: Produção Agrícola- Lavoura Permanente, 2017**.

LOPES, R. P.; SILVA, J. S.; MAGALHÃES, E. A.; SILVA, J. N. Energia no pré-processamento de produtos agrícolas. **Secagem e armazenamento de produtos agrícolas**. Viçosa-MG: UFV, v. 1, 2000. 198p.

MAGEVSKI, G.C.; CZEPAK, M.P.; SCHMILDT, E.R.; ALEXANDRE, R.S.; FERNANDES, A.A. Vegetative propagation of wild species of the genus Piper, with potential for use as rootstocks in black pepper (Piper nigrum). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. SPE, p. 559-563. Botucatu, 2011.

MATA, M. E. R. M. C.; OLIVEIRA, J. R.; BRAGA, M. E. D. Desenvolvimento experimental de uma bomba de calor: simulação de secagem de sementes de feijão (Phaseolus vulgaris L.), variedade carioca. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 1, p. 75-79, 1999.

MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MELO, E. C. Análise e descrição matemática da cinética



de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 301-306, 2007.

MARTINS, P.M.; MARTINS, D.S.J. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas na cultura da pimenta do reino na amazônia oriental. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.8, n.3, p.91-98, Set. 2018.

MELO, F. A. O.; SILVA J. S.; LOPES, R. P. **Análise e avaliação de um secador pneumático de fluxo concorrente com carga, revolvimento e descarga pneumáticos**. Cadernos UniFAO. Ed. 22, Ago. 2013.

MELO, F. **Avaliação energética de um sistema de secagem combinada para café cereja descascado**. Cadernos UniFAO. Ed. 23, Dez. 2013.

MENDES, M. I.S.; MADUREIRA, A. J. V. **Estudo sobre balanço energético**. Revista SODEBRAS – Volume-9, n.102 – Junho/ 2014.

MENDONÇA,S.D.M; **Biochar de caroço de açaí como condicionador de solo na produção de mudas de pimenta do reino (piper nigrum l.)**, Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP,2019.

OSÓRIO, A G. S. **Projeto e construção de um secador intermitente de fluxos concorrentes e sua avaliação na secagem de café**. Viçosa, MG: UFV, 1982. 57p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1982.

PEDERNEIRAS, F. L. **Padronização metodológica de balanços energéticos e seu impacto no uso de indicadores**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/mpederneirasfl.pdf>> Acesso em: 19 de Julho 2019.

POLTRONIERI, M. C.; LEMOS, O. F. **Pimenta do reino: Cultivares**. Belém/PA. Embrapa Amazônia Oriental, 2014.

SOLTIS, P.S.; SOLTIS, D.E.; CHASE, M.W. Angiosperm phylogeny inferred from multiple genes as a tool for comparative biology. **Nature**, v. 402, n. 6760, p. 402-404, nov.1999.



CAPÍTULO 6

O ECOTURISMO COMO AÇÃO PEDAGÓGICA NA PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

ECOTOURISM AS A PEDAGOGICAL ACTION FOR THE PROMOTION OF
SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Francielle Oliveira de Vargas da Silva

Danielle Carneiro Duarte Grassi

Claudio Henrique Kray

Denirio Itamar Lopes Marques

Luciano Belcavello

Resumo

A atividade turística, notadamente o segmento ecoturístico, tem despontado no cenário nacional como uma importante ação para o desenvolvimento sustentável dos espaços rurais. A implantação de um projeto ecoturístico que faz uso das ferramentas de Educação Ambiental auxilia a proteger e preservar a biodiversidade local e promove qualidade de vida à comunidade do entorno. Os ambientes rurais apresentam potencial para desenvolver atividades ecoturísticas que estimulem este debate e implementem ações do desenvolvimento sustentável. Este estudo relata a análise de um empreendimento localizado na zona rural do município de Viamão, na região metropolitana de Porto Alegre, RS. A ação prática deu-se na proposição de melhorias para uma trilha ecológica e a revitalização de um horto de plantas medicinais inspirado no modelo do Relógio do Corpo Humano, já existentes no local, bem como a apresentação de um plano de negócios a fim de aprimorar o planejamento das atividades de ecoturismo. Dessa forma, optou-se por uma metodologia de pesquisa exploratória e bibliográfica. Ainda que o empreendimento enfrente diversos desafios para o desenvolvimento do ecoturismo, em especial quanto à deficiência de acessos viários ao local, há um notável potencial de crescimento, dada a beleza cênica e natural da região. Para tanto, faz-se necessário realizar a análise de mercado, a montagem de estratégias de negócio e o mapeamento dos recursos necessários para atingir metas anteriormente definidas.

Palavras-chave: Educação Ambiental, Inovação, Trilhas Interpretativas, Turismo Rural.

Abstract

Tourism activity, notably the ecotourism segment, has emerged in the national scenario as an important action for the sustainable development of rural areas. The implementation of an ecotourism project that uses Environmental Education tools helps to protect and preserve local biodiversity and promotes quality of life for the surrounding community. Rural environments have the potential to develop ecotourism activities that stimulate this debate and implement sustainable development actions. This study reports the analysis of an enterprise located in the rural area of the municipality of Viamão, in the metropolitan region of Porto Alegre, RS, Brazil. The practical action was to propose improvements to an ecological trail and the revitalization of a medicinal plant garden inspired by the Human Body Clock model, already in place, as well as the presentation of a business plan to improve the planning of ecotourism activities. Thus, an exploratory and bibliographical research methodology was chosen. Although the enterprise faces several challenges for the development of ecotourism, especially regarding the lack of road access to the site, there is a remarkable potential for growth, given the scenic and natural beauty of the region. For that, it is necessary to carry out the market analysis, the assembly of business strategies, and the mapping of the necessary resources to achieve previously defined goals.

Keywords: Environmental Education, Innovation, Interpretative Trails, Rural Tourism.



1. INTRODUÇÃO

O segmento do turismo, em especial o ecoturismo, é apontado como uma importante atividade de desenvolvimento regional, visto que este setor apresenta alto potencial de geração de empregos e renda e vem conquistando maior amplitude e diversificação enquanto atividade econômica nas duas últimas décadas (SANCHES *et al.*, 2018; DIAS, VITAL, 2014; CANDIOTTO, 2010). O turismo rural representa um importante instrumento de desenvolvimento local, pois, ao introduzir novas estratégias econômicas para a região, essa atividade complementa a renda dos produtores e proprietários rurais, estimula a infraestrutura local, gera empregos, atenua o êxodo rural e resgata valores da comunidade.

Neste estudo, realizamos a análise do potencial ecoturístico de um empreendimento localizado na zona rural no município de Viamão (RS). O município possui uma população estimada de 239.384 habitantes (IBGE, 2010) e extensa área territorial com potencial turístico, mas que carece de debate para o crescimento e desenvolvimento sustentável local (PREFEITURA MUNICIPAL DE VIAMÃO, 2019).

O empreendimento conta com um horto de plantas medicinais com canteiros dispostos na forma de um relógio circular. O horto tem inspiração no modelo do Relógio do Corpo Humano (RCH), desenvolvido pela Associação Rio-grandense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural / Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural (EMATER/RS-ASCAR). O RCH utiliza conhecimentos sobre as plantas medicinais e suas relações fitoterápicas para os órgãos do corpo humano, considerando os horários específicos de ação sobre os órgãos. Sua constituição considera um canteiro central em formato circular e 12 no entorno dele (VELLOSO, WERMANN, FUSIGER, 2005). No empreendimento em estudo, o trabalho foi iniciado no ano de 2016, por meio de um projeto de extensão desenvolvido pelos autores. O RCH é um espaço que possibilita o desenvolvimento de atividades no âmbito da Educação Ambiental, da Fitoterapia e no resgate do conhecimento tradicional em relação ao uso de plantas medicinais pela comunidade.

A área do estudo possui uma trilha que carecia de revitalização e planejamento com ações teórico-práticas. Acreditamos que a revitalização da trilha aliada a um projeto de atividades que coadunam com as políticas de Educação Ambiental, possibilitará que o espaço tenha potencial de trilha interpretativa, que para além das ações de ecoturismo pode permitir a utilização desta para ferramenta pedagógica e recreativa, como indicado por Campos e Ferreira (2006). Assim, o objetivo deste trabalho é contribuir para melhorias na trilha, revitalizar o Relógio do Corpo Humano, bem como apresentar um plano de negócios a fim de aprimorar o seu planejamento.



2. METODOLOGIA

Escolhemos a análise sobre uma experiência em ecoturismo em empreendimento rural dada a necessidade de construir atividades voltadas para o Relógio do Corpo Humano e o desenvolvimento de uma trilha interpretativa, usando esses espaços como base para a discussão de um modelo ecoturístico.

Para tanto, recorreremos a uma pesquisa exploratória e bibliográfica, tendo como objeto as atividades ecoturísticas do empreendimento. Ainda, de forma não-intencional, realizamos uma entrevista com os proprietários, o que proporcionou avaliar o objetivo do empreendimento e os interesses e percepções dos proprietários.

O empreendimento de estudo, conhecido como Recanto do Vagalume, tem administração familiar e está localizado na zona rural do município de Viamão. Os proprietários relatam desafios para desenvolver atividades de ecoturismo no local. Na visita inicial, observamos a presença de uma trilha ecológica que necessitava de melhorias, bem como um horto medicinal do tipo Relógio do Corpo Humano desativado. O diagnóstico foi realizado a partir de saídas de campo, visando identificar as atividades existentes. Notamos que as iniciativas de ecoturismo desenvolvidas necessitavam de modificações para maior aproveitamento. Em uma segunda saída de campo, demos sequência ao diagnóstico realizamos o mapeamento da trilha do empreendimento.

Para o mapeamento da trilha realizamos, ao longo do percurso, a demarcação de pontos, com a utilização de equipamento de GPS *Garbin Extrex 10*. Esses pontos foram selecionados considerando-se a paisagem e a possibilidade para o visitante realizar uma pausa e a observação do local. Em relação ao Relógio do Corpo Humano realizamos uma análise do espaço para o planejamento das espécies a serem introduzidas e a disposição de placas de identificação das ervas.

Para a elaboração de um plano de negócios do empreendimento, a análise de mercado foi desenvolvida com a ferramenta de planejamento Canvas, a fim de identificar os parceiros, atividades, recursos, preposição de valores, relacionamento com clientes, canais de comunicação, seguimento de clientes, custos e receitas.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ambientes rurais apresentam grande potencial para o desenvolvimento de atividades ecoturísticas que estimulem o debate do desenvolvimento sustentável e econômico regional. Segundo Candiotto, (2010):

A tecnicização do rural vem modificando a dinâmica do espaço rural, principalmente nos países centrais do capitalismo. Esse fato contribui para a expansão do turismo no espaço rural, pois, para haver turismo, é preciso ter infraestrutura e equipamentos. De forma contraditória, porém, o principal elemento motivador do deslocamento ao meio rural se encontra na busca de paisagens e manifestações culturais que, seja na materialidade ou no plano simbólico, se contrapõem ao espaço urbano (p.8-9).

No presente trabalho, analisamos um empreendimento rural conhecido como Recanto do Vagalume, que apresenta um espaço com características para trilha interpretativa com necessidades de melhorias e um horto medicinal do tipo Relógio do Corpo Humano desativado, necessitando ser revitalizado. As trilhas são um potencial recurso pedagógico para promover a inclusão social e a Educação Ambiental. A trilha em questão apresenta formato circular, sendo composta por vegetação nativa e exótica, uma nascente e um córrego d'água que segue durante o trajeto, além de resquícios de uma antiga pedreira. O percurso oportuniza a caminhada em meio à vegetação densa, bem como em clareiras e trechos com vegetação aberta, necessitando melhorias como implantação de placas de sinalização. É importante mencionar que quando se fala de trilhas autoguiadas com placas interpretativas, o tema é desenvolvido com mensagens descritas em placas em pontos estratégicos ao longo da trilha. A vantagem é a forma rápida de interpretação, disponível em todos os momentos. As placas são comumente usadas para chamar atenção de todos, quanto a coisas que muitas vezes não são percebidos no trajeto (CHAGAS, 2011). Elaboramos um mapa do percurso da trilha interpretativa, com demarcações de dezesseis pontos ou estações (Figura 1).





Figura 1 - Mapa da trilha para o empreendimento Recanto do Vagalume.

As estações demarcadas são: 1) Início da trilha (Figura 2a); 2) Córrego; 3) Cachoeira; 4) Nascente; 5) Clareira da Figueira; 6) Pedra da figueira; 7) Clareira da árvore deitada; 8) Início de *Pinus*; 9) Clareira da bananinha-do-mato; 10) Eucalipto da clareira maior; 11) Atalho - possibilita voltar à parte central da propriedade; 12) Butiazeiro; 13) Paradaouro clareira da curva; 14) Paradaouro da pedra; 15) Paradaouro da pedra abaixo (Figura 2b); 16) Final da trilha - contemplação do açude (Figura 2c). Diante do exposto, determinamos uma trilha circular com 1 quilômetro de comprimento e com grau leve de dificuldade, necessitando revitalização.



Figura 2 - Início da trilha (a), pedra (b), fim da trilha (c).

Os hortos medicinais são espaços que possibilitam desenvolver atividades com o público visitante, resgatando informações sobre uso de ervas pelas comunidades, o conhecimento popular acumulado pelos povos tradicionais e atividades de Educação Ambiental com foco na biodiversidade brasileira. O horto foi construído

com materiais oriundos da propriedade, suscitando o desenvolvimento sustentável. Atualmente, o horto está desativado e acreditamos que a sua revitalização pode contribuir para os negócios ao servir como mais um espaço de desenvolvimento de atividades pedagógicas reflexão e trocas de experiências com o público, podendo ser utilizado, ainda, como uma ferramenta pedagógica por instituições de ensino da região. Nesse contexto, promove-se a Educação Ambiental (EA), através de ações educativas que propiciam a sensibilização ambiental e o pensamento crítico, como proposto por Uhmman e Oliveira (2019).



Figura 3 - Relógio do Corpo Humano.

A melhoria contínua das atividades ecoturísticas existentes no empreendimento está prevista em um Plano de Negócio específico, composto pela descrição do negócio, equipe de gestão, análise de mercado, plano operacional, plano de marketing, plano financeiro e análise de riscos. Neste contexto, o planejamento para o empreendimento prevê como público alvo instituições de ensino, instituições de promoção de formação profissional e ações de capacitação, empresas públicas, privadas e grupos de pessoas. Atualmente esse público, em especial pessoas físicas, apresentam carência de empreendimentos que prestam atividades e serviços na área de Ecoturismo, por isso o Recanto do Vagalume poderá atender, através de seu espaço diferenciado as demandas referente a esse público.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O empreendimento enfrenta desafios com relação ao desenvolvimento do ecoturismo, devido a questões intrínsecas às atividades ecoturísticas, possuindo, entretanto, grande potencial de crescimento, em especial para as trilhas interpretativas com foco na educação ambiental, sendo necessário, para tanto, uma análise de mercado, com a utilização de uma ferramenta de gestão.

Referências

- CAMPOS, A.M.N.; FERREIRA, E.A. Trilha interpretativa: busca por conservação ambiental. **Caderno Virtual de Turismo**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 27, p.27-39, abr. 2006. Disponível em: <http://www.ivt.coppe.ufrj.br/caderno/index.php/caderno/article/view/109>. Acesso em: 05 ago. 2019.
- CANDIOTTO, L.Z.P. Elementos para o debate acerca do conceito de turismo rural. **Turismo em Análise**, São Paulo, v. 21, n. 3, p.3-24, 01 abr. 2010. Disponível em: <http://www.periodicos.usp.br/rta/article/view/14203>. Acesso em: 07 ago. 2019.
- CHAGAS, K.K.N. **Por uma educação ambiental corporalizada**: a emoção em trilhas interpretativas. Natal: IFRN, 2011. 127 p.
- DIAS, P.P.; VITAL, T.W. O ecoturismo no Estado de Pernambuco: uma visão do segmento a partir da oferta de serviços. **Turismo em Análise**, São Paulo, v. 25, n. 316, p.316-336, 31 ago. 2014. Disponível em: <http://www.periodicos.usp.br/rta/article/view/83792>. Acesso em: 09 ago. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico do Brasil**. Rio Grande do Sul: IBGE, 2010.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE VIAMÃO. **Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Indústria, Comércio e Turismo**. 2019. Disponível em: <https://www.viamao.rs.gov.br/portal/secretarias/3/Secretaria-de-Desenvolvimento-Econ%C3%B4mico,-Industria-Com%C3%A9rcio-e-Turismo>. Acesso em: 09 ago. 2019.
- SANCHES, A. C.; SAUER, L.; BINOTTO, E.; ESPEJO, M. Análise dos estudos sobre indicadores de sustentabilidade no turismo: uma revisão integrativa. **Turismo em Análise**, São Paulo, v. 29, n. 292, p.292-311, 28 ago. 2018. Disponível em: <http://www.periodicos.usp.br/rta/article/view/139521>. Acesso em: 09 ago. 2019.
- SILVA, M.M. da, *et al.* Trilha ecológica como prática de educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 5, n. 5, p.705-719, 24 jan. 2012. Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/4156/2800>. Acesso em: 09 ago. 2019.
- UHMANN, R.I.M.; OLIVEIRA, C.D.A. de. Livro de ciências, educação ambiental, ambiente e saúde. **Ambiente & Educação**: Revista de Educação Ambiental, Rio Grande, v. 24, n. 145, p.145-165, 27 mar. 2019. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/8086/5846>. Acesso em: 05 ago. 2019.
- VELLOSO, C.C.; WERMANN, A.M.; FUSIGER, T.B. **Horto medicinal Relógio do Corpo Humano**. Emater/Ascar-RS, 2005. Disponível em: http://www.biodiversidade.rs.gov.br/arquivos/1159290630estudo_caso_HORTO_MEDICINAL_RELOGIO_DO_CORPO_HUMANO.pdf. Acesso em: 04 ago. 2019.



CAPÍTULO 7

CERTIFICAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL NAS EMPRESAS SOB A ÉGIDE DAS NORMAS ISO 14001 E ISO 14004

CERTIFICATION AND IMPLEMENTATION OF THE ENVIRONMENTAL
MANAGEMENT SYSTEM IN COMPANIES UNDER THE AEGIS OF ISO
14001 AND ISO 14004 STANDARDS

Carmino Hayashi
João Paulo Moraes Rabelo
Fabília Araújo Silva

Resumo

Neste trabalho foi feita uma análise sobre a certificação e implementação das normas ISO 14000, que normatiza a gestão ambiental nas organizações, objetivando o controle dos impactos ambientais e buscando aumentar a capacidade produtiva nas empresas, sem maiores danos ambientais. A ISO 14000 engloba diversas outras normas correlatas ao assunto, tais como as normas ISO 14001, responsáveis pela identificação, controle e monitoramento quanto aos aspectos ambientais. De forma complementar, a norma ISO 14004 regulamentam e aprimoram as orientações ao setor empresarial, no atendimento de práticas mais sustentáveis. Para os levantamentos dos dados foi utilizada a metodologia qualitativa/analítica, por meio de buscas e levantamentos bibliográficos, em literatura especializada e revistas indexadas relacionadas as áreas conexas. Em relação a estas normativas, muitas organizações empresariais ainda não buscaram a implementação da certificação da NBR ISO 14001, sobretudo por receio dos custos de implementação, não obstante reconheçam a importância e os benefícios da mesma. A adoção das normas ISO 14000 por parte das empresas dependem sobretudo do comportamento por parte dos consumidores conscientes, principalmente em relação ao seu processo de educação social coletiva, produção, conservação e preservação ambiental. Isto, na prática, reflete as relações das empresas com a sociedade como um todo, a quem cabe direcionar por meio de suas exigências de consumo, uma produção mais sustentável por parte do setor produtivo.

Palavras-chaves: Gestão ambiental empresarial, Sustentabilidade ambiental, Sistemas e gestão ambiental, ISO 14000, ISO 14001.

Abstract

In this work, an analysis was made on the certification and implementation of ISO 14000 standards, which standardize environmental management in organizations, aiming at controlling environmental impacts and seeking to increase the productive capacity in companies, without major environmental damage. ISO 14000 encompasses several other standards related to the subject, such as the ISO 14001 standards, responsible for the identification, control and monitoring regarding environmental aspects. In a complementary way, the ISO 14004 standard regulates and improves the guidelines to the business sector, in compliance with more sustainable practices. For data surveys, the qualitative / analytical methodology was used, through bibliographic searches and surveys, in specialized literature and indexed journals related to related areas. In relation to these regulations, many business organizations have not yet sought to implement the certification of NBR ISO 14001, mainly due to fear of implementation costs, despite recognizing the importance and benefits of it. The adoption of ISO 14000 standards by companies depends mainly on the behavior of conscientious consumers, mainly in relation to their collective social education process, production, conservation and environmental preservation. This, in practice, reflects the relations of companies with society as a whole, which is responsible for directing, through their consumption requirements, a more sustainable production by the productive sector.

Key-words: Corporate environmental management, Environmental sustainability, Systems and environmental management, ISO 14000. ISO 14001.



1. INTRODUÇÃO

Pode-se conceituar que a ISO 14000 é constituído por um conjunto de normas que detalham as normativas e procedimentos necessários para que uma empresa, pública ou privada, possa conduzir adequadamente as práticas de gestão ambiental sustentável. São estas normas que norteiam todo o processo denominado de Sistema de Gestão Ambiental e cujos critérios e princípios são definidos pela ISO (*International Organization for Standardization*).

Estas normativas da série ISO 14000 visam ordenar os principais requisitos referentes a um sistema de gestão ambiental, que contribua para que uma organização formule corretamente as suas políticas de gestão ambiental, de maneira que alcancem seus objetivos e metas planejados, levando-se em conta os requisitos legais, assim como atuando preventivamente em relação aos possíveis impactos ambientais negativos de grande monta (ISO, 2012; ISO, 2015).

Entre os diversos objetivos da série ISO 14000 e de suas normas, talvez o mais importante seja garantir a manutenção do equilíbrio e proteção do meio ambiente, de tal forma que possa atuar preventivamente em relação aos possíveis e potenciais problemas ambientais que despontam frente ao acelerado processo de globalização.

No Brasil existe uma versão do conjunto de normas da série ISO 14000, comumente conhecida por ABNT NBR ISO 14000, sendo que qualquer organização empresarial que objetiva garantir o seu Certificado ISO 14000, deve obrigatoriamente assumir os compromissos com as legislações e normativas legais previstas na nossa legislação ambiental, uma vez que tal certificação representa que a empresa em questão compartilha dos princípios de proteção e salvaguarda ambiental, tendo como retribuição em seu perfil empresarial uma enorme valorização tangível em seus produtos ou serviços e intangível em sua marca (ISO, 2015).

Estas normas que orientam e regulamentam a gestão ambiental (ISO 14000) são compostas por diversas outras subdivisões da *International Organization for Standardization*, dentre eles é importante elencar a ISO 14001, que se encontra diretamente vinculada à certificação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e a ISO 14004, que também é estreitamente afeta ao SGA, mas destinada ao uso interno da empresa (suporte à gestão ambiental). Na realidade, a norma ISO 14001 é a única normativa que possibilita a certificação de uma organização empresarial, efetivada por meio de empresas certificadoras, nas quais o conteúdo é acompanhado por uma auditoria, conforme as exigências e requisitos compulsórios de um Sistema de Gestão Ambiental. Assim, também a ISO 14004, mesmo correspondendo as normas semelhantes a série, visam aspectos de orientações, porém não apresentam caráter de certificação, limitando-se apenas as informações indispensáveis ao processo de implantação em consonância às determinações da norma ISO 14001



(ISO, 2012; ISO, 2015; ISO, 2018).

Complementarmente, estabelece-se que a norma ISO 14001 representa fundamentalmente uma eficaz ferramenta para auxiliar as organizações empresariais na identificação, priorização e gerenciamento de seus riscos ambientais de rotina, uma vez que ela exige um forte comprometimento em relação às prevenções e melhorias contínuas em termos ambientais no contexto das atividades diárias da gestão empresarial. Pode-se argumentar que estas normas se embasam no conhecido ciclo PDCA (plan-do-check-act), ou seja, “planejar, fazer, checar e agir”, como forma de implementar, manter e melhorar todo o Sistema de Gestão Ambiental, de tal forma a garantir e assegurar concordância com as políticas ambientais da empresa para os seus “*stakeholders*”.

Finalmente, para uma visão global da série ISO 14000, elencamos as demais normas ISO, quais sejam, a ISO 14010, que trata das Auditorias Ambientais, assegurando credibilidade ao processo de certificação ambiental, acompanhando os compromissos firmados pela empresa em seu SGA; ISO 14031, sobre normas de Desempenho Ambiental, onde são estabelecidas as diretrizes para aferição, análise e definição do desempenho ambiental, assegurando o SGA; ISO 14020, relacionadas à Rotulagem Ambiental, uma vez que orientam a expressão das características ambientais dos produtos (rótulos com as características ambientais do produto); ISO 14040, que versa sobre a Análise do Ciclo de Vida, uma vez que estabelece as interações entre a produção e o meio ambiente, avaliando os impactos causados pelos produtos, processos e serviços relacionados em toda sua cadeia produtiva; e finalmente a Guia ISO 64 que normatiza os Aspectos Ambientais nos Produtos, ou seja, orienta a elaboração de normas técnicas para a produção, orientando de tal forma que em sua cadeia produtiva ocorra o menor impacto negativo possível ao meio ambiente (ISO, 2015).

2. METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho foi embasada numa pesquisa de caráter qualitativa e descritiva, conforme Marconi e Lakatos (2011), ou seja, não objetivaram aspectos quantitativos tais como a estimativa ou medição de eventos, uma vez que envolveu uma análise mais subjetiva dos parâmetros levantados, tais como as normas ISO 14000 no presente caso; em suas minúcias, pormenorizações e interpretações situacionais relacionadas à gestão ambiental nas organizações, com o intuito de minimizar os impactos ambientais e maximizar a produtividade com a preservação ambiental. Anteriormente, ficou estabelecido que os materiais bibliográficos levantados seriam submetidos a uma análise preliminar seletiva e pertinente ao tema, por meio de leituras prévias e análises aprofundadas da temática ISO 14000 nas empresas.

Estes procedimentos metodológicos foram complementados por um enfoque



de tipologia analítica, o que de acordo com Marconi e Lakatos (2011) envolvem estudos e avaliações relativas às informações existentes, buscando explicações contextuais, assim como explicativas, uma vez que se levantam os fatos, analisam, sintetizam, interpretam e identificam suas causas, visando ampliar generalizações, estruturações e modelos de visão unificada.

Na realidade, este trabalho baseou-se em pesquisas bibliográficas e documentais de artigos e textos publicados, ou seja, suas análises e deduções fundamentaram-se em apreciações, avaliações e integrações da literatura existente, em busca de conclusões pertinentes de uma determinada temática (ISO 14000); cujo levantamento bibliográfico foi realizado em periódicos e revistas indexadas nacionais e internacionais, obtidos por meio da Base nacional de periódicos da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, SCIELO e Google Acadêmico.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Considerações sobre a série ISO 14000

O somatório das normativas englobadas pela ISO 14000 refere-se essencialmente à gestão ambiental, determinando às organizações empresariais as condutas para minimização dos impactos ambientais negativos em suas atividades produtivas, assim como maximizar de forma continuada o seu desempenho ambiental e produtivo com qualidade. A ISO 14000 contempla principalmente as normas ISO 14001 que abordam os requisitos necessários para as empresas identificarem, controlarem e monitorarem seus ativos ambientais e a norma ISO 14004, que complementa a ISO 14001 por meio de normativas complementares necessárias para a implantação de um SGA. Atualmente, existem ainda diversas outras normas complementares e outras em desenvolvimento, no contexto da série ISO 14000, com o objetivo de melhorar e manter atualizado o processo de planejamento, implementação, monitoramento e avaliação do desempenho ambiental nas organizações.

Na prática a ISO 14000 constitui-se numa série de normativas que determinam as diretrizes básicas com o objetivo de garantir que as empresas públicas ou privadas pratiquem a gestão ambiental, normativas estas que são identificadas como Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e definida pela ISO (*International Organization for Standardization*). Entre os diversos objetivos, talvez o principal da ISO 14000 e de suas normas seria a garantia do equilíbrio e proteção ambiental, buscando prevenir principalmente aspectos referentes à poluição e seus efeitos secundários que poderiam afetar aspectos socioeconômicos de nossa sociedade (ABNT, 1996).

Independentemente da empresa que queira garantir o seu Certificado ISO



14000, todas devem se comprometer integralmente com as legislações emanadas no contexto da legislação ambiental do país, levando-se em conta que esta certificação assegura que a empresa está compactuada e possui um inabalável compromisso com os recursos naturais de nosso país, além das responsabilidades atinentes a preservação do meio ambiente, levando-se em conta que certificação certifica ainda a valorização dos produtos e serviços desta empresa (marca).

De forma complementar, além do compromisso no cumprimento da legislação ambiental vigente no país, a empresa responsabiliza-se e compromete-se em treinar seus recursos humanos, de tal forma a seguirem todas as normas preconizadas, identificando e propondo alternativas e soluções que minimizem os impactos ambientais, relacionados aos potenciais danos que, porventura a empresa possa estar provocando ao meio ambiente.

No caso do Brasil, o agrupamento de normas da ISO 14000 ficou denominado de ABNT NBR ISO 14000, popularmente conhecidas como ISO 14001 (versa sobre o Sistema de Gestão Ambiental), ISO 14004 (versa sobre o Sistema de Gestão Ambiental, sendo destinada ao uso interno da Empresa), ISO 14010 (trata das Auditorias Ambientais), ISO 14031 (trata do Desempenho Ambiental), ISO 14020 (versa sobre a Rotulagem Ambiental) e ISO 14040 (versa sobre a Análise do Ciclo de Vida); compondo um conjunto de normas que garantem toda a credibilidade nos procedimentos de Certificação Ambiental, conforme Silva (1998).

Entretanto, normalmente o foco principal estabelece-se em relação à norma ISO 14001, uma vez que esta representa o instrumento (SGA-Sistema de Gestão Ambiental) mais frequentemente utilizado no desenvolvimento da gestão ambiental nas empresas, além de ser a única norma "certificável" da família ISO 14000.

3.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A NORMA ISO 14001

A norma 14001 é caracterizada especialmente pela sua aplicabilidade em um grande leque de situações e condições pertinentes ao meio ambiente, mais especificamente quando afetos ao controle da organização e suas áreas de influência. Exemplificando, em situações em que a empresa é controlada, a organização deve estabelecer os critérios legais pertinentes ao meio ambiente que possam ser significativos, comunicando-os aos terceiros, e dessa forma monitorando e cumprindo os critérios legais pré-estabelecidos, conforme apresentado por Martins e Silva (2014). É significativo que a norma ISO 14001 especifique todos os requisitos obrigatórios no processo de incorporação de um SGA, o que exige fundamentalmente que norma seja compreendida de maneira ampla em toda a sua amplitude e contexto, inclusive em seus pequenos detalhes levando-se em conta a cultura e hábitos da empresa.

Conforme Araújo (2005), a norma ISO 14001 pode ser aplicada a qualquer



organização empresarial, inclusive prestadoras de serviço onde se proponha a implantar, implementar e aprimorar um SGA, em consonância com sua política ambiental e com as partes interessadas, realizando uma autoavaliação e emitindo uma declaração de concordância com esta norma, validando sua autodeclaração por meio de organismos autônomos e, certificando o SGA por um órgão externo.

Inicialmente, no processo de implantação desta norma, cumpre determinar a política ambiental da empresa, ou seja, conforme a natureza, escala e impactos ambientais provocada pelas suas atividades, produtos e serviços, em função da exigência obrigatória da melhoria contínua e prevenção dos impactos negativos, além do atendimento dos requisitos legais relacionados aos seus aspectos ambientais. Complementarmente, Donaire (2009) especifica que estas determinações das políticas ambientais empresariais devem ser documentadas, implementadas, mantidas e levadas ao conhecimento de todos os membros da organização.

Tecnicamente, a norma ISO 14001 possibilita o acompanhamento do SGA da organização empresarial e do ponto de vista analítico pode ser compreendida com base no ciclo PDCA (*plan, do, check e act* / planejar, executar, verificar e agir), podendo ser aplicada nos mais diversos tipos e tamanho da empresa, assim como adequa-se às diferentes condições geográficas, culturais e sociais. Neste contexto, a ISO 14001 indicam as necessidades para cada uma das fases e respectivas etapas, de acordo com as necessidades organizacionais, o que exige que um sistema de gestão ambiental dentro de uma perspectiva de desenvolvimento de uma política ambiental deve estabelecer um planejamento provido por ações e programas que venham solucionar ou mitigar os impactos negativos identificados. Por outro lado, a norma ISO 14001 tem a sua formulação paralelamente alinhada à norma ISO 9001, o que facilitaria a integração entre o sistema de gestão ambiental e o sistema de gestão da qualidade, conforme Bispo e Cazarini (2006) e Seiffert (2011).

3.2.1 Objetivos e benefícios da norma ISO 14001

Como forma contrabalaneada e com o objetivo de possibilitar que as empresas possam auferir suas necessidades socioeconômicas em consonância com um meio ambiente equilibrado e harmônico, a norma ISO 14001, de acordo com as explanações de Furniel (2011) possuem como premissas os seguintes parâmetros:

- a) Proteção ambiental por meio da prevenção ou mitigação dos impactos;
- b) Mitigação dos efeitos ambientais potencialmente danosos na organização;
- c) Auxílio à empresa no atendimento aos requisitos legais e outros;
- d) Aumento do desempenho ambiental;



- e) Controles na forma como os produtos e serviços são projetados, fabricados, distribuídos, consumidos e descartados;
- f) Utilização da perspectiva de ciclo de vida do produto, evitando impactos ambientais desnecessários;
- g) Alcance de benefícios financeiros e operacionais com implementação de alternativas ambientais que consolidem a empresa no mercado consumidor;
- h) Comunicação das informações ambientais aos interessados (*stakeholders*).

Concomitantemente, possuir uma certificação do Sistema de Gestão Ambiental, com reconhecimento internacional, implica em diversas vantagens frente aos interlocutores comerciais envolvidos no processo, entre os quais alguns benefícios, conforme Oliveira e Serra (2010) com base na certificação ISO 14001 (ABNT NBR ISO 14001) para as empresas temos:

- a) Aperfeiçoamento do SGA, considerando-se que a norma aperfeiçoa os itens da gestão ambiental existentes na empresa, assim como as adaptações necessárias para maior competitividade sustentável;
- b) Crescimento eficaz, reduzindo gastos desnecessários nos processos de produção e redução de desperdícios, originando uma empresa mais eficiente e eficaz;
- c) Aumento da rentabilidade, reduzindo gastos com energia e resíduos, melhorando a rentabilidade e prevenindo aspectos da poluição e descartes de produtos;
- d) Melhoria na imagem da empresa, por meio do uso de selos sustentáveis (Selo ISO 14001), associados à marca da empresa, divulgando ao mercado as convicções ambientais da organização;
- e) Cumprimento da legislação ambiental, uma vez que possuir o selo ambiental denota uma empresa ecologicamente correta, evitando ainda prejuízos e multas desnecessárias em questões ambientais;
- f) Incentivos ao cumprimento de ações voltadas para a gestão ambiental, uma vez que estas normas estimulam as empresas em superar a demora das ações ambientais, incentivando a empresa em colocar na prática seus objetivos e metas reais;
- g) Aumento na competitividade internacional, pois empresas internacionais exigem a presença da certificação ambiental (ISO 14001), o que garante os valores de sustentabilidade da organização;



- h) Maior satisfação da clientela, que ao receber um produto ou serviço de qualidade com a chancela da legislação ambiental, promove maior garantia, respeito e idoneidade a marca (ecologicamente correto).

Assim como diversas outras normas, também a ISO 14001 têm sofrido algumas alterações e modificações ao longo do tempo, assimilando mudanças com o objetivo de acompanhar a célere evolução competitiva do mercado globalizado, atendendo ainda as demandas e exigências de seus "stakeholders". Observe-se que a norma ISO 14001 já passou por três versões publicadas, quais sejam, em 1996 (definição dos critérios para implantação do SGA e gerenciamento dos impactos ambientais), em 2004 (revisão e atualização de conceitos e definições), e em 2015 (alinhamento da Gestão Ambiental à estratégia da empresa, à gestão de riscos e em busca pela maior compatibilidade com outras normas ISO) e, ao final a atualização foi feita em 2015, mas que deverá entrar em vigência em setembro de 2018.

Esta última mudança (ISO 14001, 2015), tendo como base a ISO 14001 de 2004, e atualizada em 2015 (implantada em 2018), foi criada com o objetivo da manutenção de sua importância no mercado presente e futuro, nas quais priorizaram-se conteúdos relacionados ao processo de integração com outros sistemas de gestão, fornecimento de uma abordagem integrada para a gestão empresarial, buscando refletir os ambientes cada vez mais complexos em que as organizações atuam, assim como reforçar a capacidade da organização para tratar de seus impactos ambientais, preservando na íntegra o espírito da ISO 14001 original, que tinha o ambiente como foco principal.

3.3 Considerações sobre a norma ISO 14004

Com o advento das preocupações ambientais pelas empresas do setor produtivo e de prestações de serviços, vamos encontrar a ISO 14004 como uma das normas mais representativas no estabelecimento e aprimoramento do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), permitindo e garantindo as empresas o concurso de práticas ambientais sustentáveis.

A ISO 14004 pode ser compreendida como uma das normas que formam a série ISO 14000, assim como a ISO 14001, que de forma conjunta permitirá que as organizações que já estão adequadas a um Sistema de Gestão Ambiental, ou não, consigam conquistar melhorias em relação à questão ambiental. Desta forma, a ISO 14004 trata do SGA no âmbito interno de utilização pela empresa. Na prática, a norma ISO 14004 não possibilita a emissão direta de uma certificação ambiental, ou seja, uma organização empresarial não poderá obter tal certificação, considerando-se que esta norma apenas atuará como um caminho que indicará os procedimentos à serem seguidos, fornecendo as orientações gerais no tocante aos princípios, sistemas e técnicas para a obtenção da certificação. Da mesma forma



que ocorre com as ISO 14001 e ISO 9001, as orientações e normativas emanadas da norma ISO 14004 (ABNT NBR ISO, 2018) aplicam-se todos os inúmeros tipos de organizações empresariais, independentemente do tamanho, tipo, localização, tempo de mercado ou especificidade da empresa interessada.

Resumidamente, devemos ter em consideração que a norma ISO 14004 objetiva especialmente subsidiar a orientação e estabelecimento quanto a metodologia de implementação, manutenção e melhoria de um SGA. Tudo isso, levando-se em conta a importância da integração coordenada com os demais sistemas de gestão ambiental, conduzidas por meio da utilização de um processo que permita à empresa identificar características ambientais mais importantes, além da recomendação na verificação de ferramentas mais eficazes que diminuam os impactos negativos sob o ponto de vista ambiental.

Pode-se garantir ainda que a ISO 14004 bem conduzida, envolve diversos exemplos, descrições e alternativas que possibilitam e subsidiam uma melhor implementação do SGA, como referencial de fortalecimento organizacional no tocante à gestão global da empresa. Da mesma forma, a ISO 14004 auxilia e explicita a empresa interessada no reconhecimento dos requisitos legais tais como as leis, decretos, leis complementares, acordos com órgãos ambientais fiscalizatórios, normativas da ABNT, e outras normas internacionais; aplicáveis na condução das questões ambientais em organizações empresariais.

3.3.1 Vantagens da ISO 14004 nas empresas.

Do ponto de vista das vantagens, da mesma maneira que ocorre com a ISO 14001 (Sistemas de Gestão Ambiental) ou a ISO 9001 (Gestão da Qualidade e Garantia da Qualidade), a ISO 14004 também apresenta enormes vantagens para as organizações que investem e implementam adequadamente estas normativas.

Entre os benefícios e vantagens que a empresa que adotam as diretrizes relacionadas à ISO 14004, pode-se catalogar a aspectos relacionados à redução da poluição (redução do impacto ambiental) por meio do consumo consciente de matéria prima e sua conservação; redução de custos através da economia de recursos; o que conseqüentemente levará a melhoria da competitividade organizacional, uma vez que as empresas comprometidas com as questões ambientais possuem boa receptividade junto ao público consumidor.

No contexto atual de interações e relações globalizadas, todas as empresas devem obrigatoriamente ater-se as responsabilidades no trato com as questões de cuidados e proteção ambiental, buscando alternativas e processos produtivos acompanhados de maior sustentabilidade; deixando este fator, de ser um mero detalhe conservacionista e passando a ser uma sólida obrigação, principalmente tendo em vista a extraordinária velocidade no arrefecimento dos recursos naturais



da biosfera.

De acordo com Kotler (2010), a população mundial anda cada vez mais atenta ao impacto ambiental provocados por uma empresa, demonstrando inclusive que empresas "mais verdes" ou que se utilizam do "marketing verde" alcançam maior sucesso em seus empreendimentos, o que justifica as empresas buscar melhorar sua imagem e conceito, por meio de atitudes e empreendimentos em relação às questões ambientais, de acordo com o que preconizam as normas ISO 14000 e seus complementos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela apresentação, análise e discussão, embora sucinta, a respeito da ISO 14000 e suas normas complementares, verificamos com certeza que a conceituação de gestão ambiental não se apresenta com um significado determinante e de conformação consensual entre os estudiosos, uma vez que esta definição sempre estará na dependência de uma dinâmica determinada pelo processo de melhoria permanente das salvaguardas ambientais da empresa, pelas quais as organizações elegem seus objetivos e propósitos pertinentes à proteção ambiental, além de definir estratégias e meios para atingir tais objetivos, conforme detalhado por Souza (2009) e Seiffert (2010).

Tem sido observado que muitas empresas ainda não recorreram à certificação da NBR ISO 14001, simplesmente pelo receio dos seus custos operacionais de implementação, oriundos da necessidade de mudanças estruturais nas empresas, embora identifiquem e reconheçam os benefícios advindos desta certificação, ou seja, elas se preocupam mais com as questões econômicas e financeiras, em detrimento das atividades de preservação ambiental.

Conscientemente, a análise das normas ISO 14000 devem extrapolar as simples reflexões correlacionadas às questões de gastos, gestão, preservação e sustentabilidade ambiental, uma vez que proporcionam paralelamente uma rentabilidade e ganho "econômico tangível constituído pela reutilização e recuperação de recursos, redução dos custos e do uso inadequado de materiais, além da eficiência das técnicas e consumo mínimo de energia".

Fica estabelecido ainda que a norma ISO 14000, conduz em seu bojo, um objetivo principal que almeja analisar o sistema de gestão ambiental, explicitados em suas normas, colaborando para que as organizações empresariais ampliem seus esforços na melhoria contínua em benefício do planeta terra. Ainda, a normativa ISO 14000 constitui-se por um conjunto de regulamentações e normativas, entre as quais nominamos a ISO 14001, que permite uma robusta integração entre os sistemas no tocante à gestão e a qualidade ambiental.

A evolução da norma ISO 14000 depende dos diversos aspectos do desenvolvimento de nossa sociedade em referência aos processos de conservação e preservação ambiental, destarte devamos considerar que é necessário e fundamental que haja um monitoramento social dos processos produtivos, dos produtos, do uso dos materiais e dos descartes de forma correta e adequada. Uma educação global, com ênfase nas questões ambientais, nas mudanças de valores, de mentalidade e de comportamento, são princípios básicos para o futuro de nossa sociedade, considerando-se que somos orientados pelo excessivo consumismo e valores materialistas, que por sua vez desempenham nefastas influências sobre os nossos recursos naturais.

Infelizmente, ainda não existe uma consciência ambiental amadurecida por parte de alguns gestores empresariais (assim como de gestores públicos), porém deduzimos que presentemente as empresas atravessam grandes mudanças em seu sistema de gestão, embora fundamentalmente estas mudanças comportamentais sejam determinadas por fortes pressões sociais, resultantes de organizações populares que objetivam desde o combate ao desmatamento, passando por um maior controle das diversas formas de poluição, até nas elaborações e demandas de uma legislação ambiental mais efetiva.

Felizmente, cabe acreditar ainda que frente as maiores reivindicações e exigências de consumidores conscientes, começam a resultar aspectos positivos na conservação ambiental, apontando para uma maior preocupação de bem-estar e saúde para com as futuras gerações; assim como também as empresas já estão mudando suas relações e interações entre a produção e o meio ambiente, demonstrando uma tendência de maiores benefícios para todos nós.

A evolução e desenvolvimento destas normas, assim como a sua adoção pelas empresas, representadas pela certificação ISO 14000, 14001 e 14004, que basicamente regulam as políticas ambientais no Brasil, refletem na prática o sucesso nas interações do setor empresarial com o perfil da sociedade consumidora, a quem cabe apontar por meio de suas cobranças e exigências, uma produção mercadológica sustentável, num ambiente preservado, ambientalmente correto e com melhor qualidade de vida.

Referências

ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. ABNT NBR ISO 14001. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT NBR ISO 14001 – **Sistemas de Gestão Ambiental – Especificação e Diretrizes para o uso**. 1996. 19p. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-ISO-14.001-Sistemas-de-Gest%C3%A3o-Ambiental.pdf>> Acesso em 5 maio 2020.

ABNT NBR ISO 14001. **International Organization for Standardization. NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental – Requisitos e orientações para uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT NBR ISO 14001. **Implantação da norma ABNT NBR ISO 14001/2015 - Sistema de Gestão Am-**



biental. 2017. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/implanta%C3%A7%C3%A3o-da-norma-abnt-nbr-iso-140012015-sistema-cavassani>> Acesso em 5 maio 2020.

ABNT NBR ISO 14004. **Sistemas de gestão ambiental - Diretrizes gerais para a implementação.** 2018. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=385874>> Acesso em 10 maio 2020.

BISPO, C.A. F.; CAZARINI, E.W. Avaliação Qualitativa para Consistente do Processo de Implantação de um Sistema de Gestão Ambiental. **Revista Gestão e Produção** (Qualis A), Vol.13, n.1, 2006, p.117-127.

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa.** São Paulo. Atlas S.A., 2009.

FURNIEL, I. **ISO 14001: importância e vantagens.** 2011. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/tecnologia/iso-14001-importancia-e-vantagens/60583/>> Acesso em 02 maio 2020.

GRUPO MIL – Indústrias. **ISO 14004: O que você sabe sobre esta norma da sustentabilidade?** 2018. Disponível em: <<http://www.mill.com.br/iso-14004-o-que-voce-sabe-sobre-esta-norma-da-sustentabilidade/>> Acesso em 5 maio 2020.

ISO 14001 - **Environmental Management System - Transition Guide. Mudando da ISO 14001:2004 para a ISO 14001:2015.** Guia de Transição. 2015. 12p. Disponível em: <https://docplayer.com.br/6450573-Mudando-da-iso-14001-2004-para-a-iso-14001-2015-guia-de-transicao.html>> Acesso em 2 maio 2020.

ISO - International Organization for Standardization. **Sobre ISO. (2018)** Disponível em: <<http://www.iso.org/iso/home/about.htm>>. Acesso em 10 maio 2020.

ISO – International Organization for Standardization. (2015). **ABNT NBR ISO 14001/2015. Sistemas de gestão ambiental - especificação e diretrizes para uso.** Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=345116>>. Acesso em 10 maio 2020.

KOTLER, P.; KARTAJAYA, H.; SETIAWAN, I. **Marketing 3.0 - As forças que estão definindo o novo marketing centrado no ser humano.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2010. 240p.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório publicações e trabalhos científicos.** 7.ed. São Paulo: Atlas, 2011. 277p.

MARTINS, M. R. S.; SILVA, J. G. F. O sistema de gestão ambiental baseado na ISO 14000: Importância do instrumento no caminho da sustentabilidade ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** – REGET, v. 18, n. 4, p. 1460-1466, 2014.

OLIVEIRA, O. J.; SERRA, J. R. **Benefícios e dificuldades da gestão ambiental com base na ISO 14001 em empresas industriais de São Paulo.** Produção, v. 20, n. 3, p. 429-438, 2010.

RIEKSTI, A. C. **ISO 14001 e a sustentabilidade. A eficácia do instrumento no alcance do desenvolvimento sustentável.** In: MARCOVITCH, J. Certificação e Sustentabilidade Ambiental: uma análise crítica. 2012. 149p. Disponível em: <http://www.usp.br/mudarfuturo/cms/wp-content/uploads/Certifica%C3%A7%C3%A3o-e-Sustentabilidade-Ambiental-Trabalho-Final_261012.pdf> Acesso em 10 maio 2020.

SEIFFERT, M.E.B. **Gestão Ambiental: Instrumentos, Esferas de Ação e Educação Ambiental.** 1ª Edição. São Paulo: Atlas, 2010.

SEIFFERT, M.E.B. **ISO 14001. Sistemas de Gestão Ambiental: Implantação Objetiva e Econômica.** 4ª Edição, São Paulo: Atlas, 2011.

SILVA, A.R. **ISO 14000: Normas para Gestão Ambiental.** NOTESALQ. Piracicaba: ESALQ, 1998. Disponível em: <<http://www.qualidade.esalq.usp.br/fase2/iso14000.htm>> Acesso em 12 maio 2020.

SOUZA, P. E. **Implantação de Sistema de Gestão Ambiental em Indústrias de Embalagens de Papel.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2011.



CAPÍTULO 8

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS E DE INTENÇÃO DE COMPRA DE UMA CERVEJA COM E SEM ADIÇÃO DE AÇÚCAR NA REFERMENTAÇÃO

EVALUATION OF THE SENSORIAL FEATURES AND OF THE PURCHASE
INTENT OF A BEER WITH AND WITHOUT SUGAR ADDITION AT
REFERMENTATION

Kataryna Pinheiro Zang

Raiane de Carvalho Barros

Paulo Henrique Dalto

Milena Samara da Luz

Samuel Barros Pires

Resumo

No Brasil, a cerveja é definida como uma bebida resultante da fermentação alcoólica proveniente da mistura de água potável, malte de cevada, lúpulo e leveduras. Na lei de pureza alemã estabelecida em 1516, os ingredientes permitidos na fabricação da mesma são: água, lúpulo e malte (grãos de cevada), e ao longo do tempo a levedura ganhou espaço dentre esses ingredientes. Objetivou-se verificar através de análise sensorial e teste de intenção de compra, se a cerveja artesanal seguindo os padrões de pureza alemã, atende a demanda de consumo dos habitantes de Uruçuí- PI. O experimento foi realizado no Laboratório de Processamento de Alimentos do Instituto Federal do Piauí - Campus Uruçuí. Foram utilizadas 2 (duas) amostras de cerveja artesanal do tipo Oatmeal stout, uma com adição de açúcar na refermentação e outra sem (grau de pureza alemã). As mesmas foram servidas à temperatura de 8°C em copos plásticos com 50ml cada e submetidas ao teste de aceitabilidade por meio de Escala Hedônica estruturada de 9 pontos, para 72 provadores não treinados. A partir dos dados obtidos através da análise sensorial, a cerveja do tipo Oatmeal stout com adição de açúcar na refermentação foi melhor aceita diante dos parâmetros avaliados e de atitude de compra em relação a cerveja sem adição de açúcar na refermentação, seguindo os padrões de pureza alemã.

Palavras chave: Cerveja Artesanal, Refermentação, Análise Sensorial

Abstract

In Brazil, beer is defined as a beverage resulting from alcoholic fermentation from a mixture of drinking water, barley malt, hops and yeasts (BRASIL, 2009). In the German purity law established in 1516, the ingredients allowed in its manufacture are: water, hops and malt (barley grains), and over time yeast has gained space among these ingredients. The objective was to verify through sensory analysis and purchase intention test, if the craft beer following the standards of German purity, meets the consumption demand of the inhabitants of Uruçuí-PI. The experiment was carried out at the Food Processing Laboratory of the Federal Institute of Piauí - Campus Uruçuí. Two (2) samples of craft beer of the Oatmeal stout type were used, one with added sugar in the fermentation and the other without (German purity). They were served at a temperature of 8°C in plastic cups with 50ml each and subjected to the acceptability test using a structured 9-point Hedonic Scale for 72 untrained tasters. Based on the data obtained through sensory analysis, Oatmeal stout beer with added sugar in refermentation was better accepted in view of the evaluated parameters and buying attitude in relation to beer without added sugar in refermentation, following the standards of purity German.

Key-words: Craft Beer, Refermentation, Sensory Analysis



1. INTRODUÇÃO

Estima-se que o homem começou a utilizar bebidas fermentadas há cerca de 30 mil anos atrás, porém os registros do consumo da cerveja só começaram a aparecer por volta de 8.000 a.C.(antes de Cristo) (AQUARONE et al., 2001). Apesar da origem da cerveja não estar clara, a maioria das bebidas elaboradas com cereais nos últimos 8.000 anos é hoje considerada cerveja (CERVESIA, 2018).

No Brasil, a cerveja é definida como uma bebida resultante da fermentação alcoólica proveniente da mistura de água potável, malte de cevada, lúpulo e leveduras (BRASIL, 2009). Entretanto, a legislação brasileira permite que parte do malte da cevada possa ser substituído por outros maltes como os de arroz, trigo, centeio, milho, aveia e sorgo. Basicamente dentro da indústria cervejeira ocorrem os processos de moagem do malte, mosturação, fervura, fermentação, maturação da bebida (SIQUEIRA et al., 2009).

Na lei de pureza alemã estabelecida em 1516, os ingredientes permitidos na fabricação da mesma são: água, lúpulo e malte (grãos de cevada), e ao longo do tempo a levedura ganhou espaço dentre esses ingredientes (KLING apud RODRIGUES et al., 2017).

Objetivou-se verificar através de análise sensorial e teste de intenção de compra, se a cerveja artesanal seguindo os padrões de pureza alemã, atende a demanda de consumo dos habitantes de Uruçuí- PI.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Registros históricos indicam que os sumérios e egípcios produziam cervejas há mais de 5.000 anos e que os babilônios já fabricavam mais de dezesseis tipos de cerveja há mais de 4.000a.C. (CERVESIA, 2018). Foi uma bebida desenvolvida paralelamente aos processos de fermentação de cereais, na antiguidade difundiu-se entre os povos da Suméria, Babilônia, Egito e, por gregos e romanos durante o apogeu destas civilizações, além dos povos de origem germânica que se destacaram na arte da fabricação da cerveja, sendo estes povos de origem germânica no século XIII, os primeiros a utilizar o lúpulo na produção de cerveja, conferindo as características básicas da bebida atual (AQUARONE et al., 2001).

A utilização da cevada como principal ingrediente não é clara, porém autores como Kunze (1997) e Aquarone et al. (1983), acreditam que a prática tenha se originado na região da Mesopotâmia, onde a cevada cresce em estado selvagem. Segundo estes autores, há evidências de que a cerveja fabricada com cevada maltada era consumida na Mesopotâmia aproximadamente no ano de 6.000 a.C., e



que não era usada somente para alimentação, mas continha função medicinal e também era utilizada como cosmético.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CERVBRASIL, 2016), o consumo de cerveja no Brasil é de 14,1% bilhões de litros de cerveja por ano. Sendo o setor que mais emprega no Brasil e contribui com 1,6% do PIB nacional.

3. METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Laboratório de Processamento de Alimentos do Instituto Federal do Piauí - Campus Uruçuí situado nas coordenadas 7°16'32.7"S 44°30'21.2"O, a 378 metros de altitude com temperatura média de 27.2 °C onde as temperaturas médias variam 2.6 °C durante o ano (CLIMATE-DATA, 2018).

Para avaliação, foram utilizadas 2 (duas) amostras de cerveja artesanal do tipo Oatmeal stout, diferenciando-se nos ingredientes utilizados no processo de fabricação, onde uma amostra continha açúcar e outra usando o grau de pureza alemã, sem açúcar.

As mesmas foram submetidas ao teste de aceitabilidade por meio de Escala Hedônica estruturada de 9 pontos (variando de 1- "desgostei muitíssimo" ao 9- "gostei muitíssimo") e ao teste de intenção de compra que variou de 1- "certamente não compraria" ao 5- "certamente compraria". Foram entrevistados 72 (setenta e dois) provadores no total de 31,9% mulheres 46,9% homens, da comunidade acadêmica do Campus Uruçuí, todos maiores de 18 anos e não treinados.

As amostras foram servidas à temperatura de 8°C em copos plásticos com 50ml cada, codificados de 101 à 199 para amostras de cerveja sem açúcar e de 201 à 299 para cerveja com açúcar. Os avaliadores obtinham um copo de água que servia de enxague entre as degustações. Todos os candidatos se disponibilizaram voluntariamente e de forma individual fizeram as degustações. Logo após recebiam um dispositivo eletrônico onde eram questionados sobre os atributos: aroma, sabor, cor, textura, espuma, aparência global, e atitude de compra.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

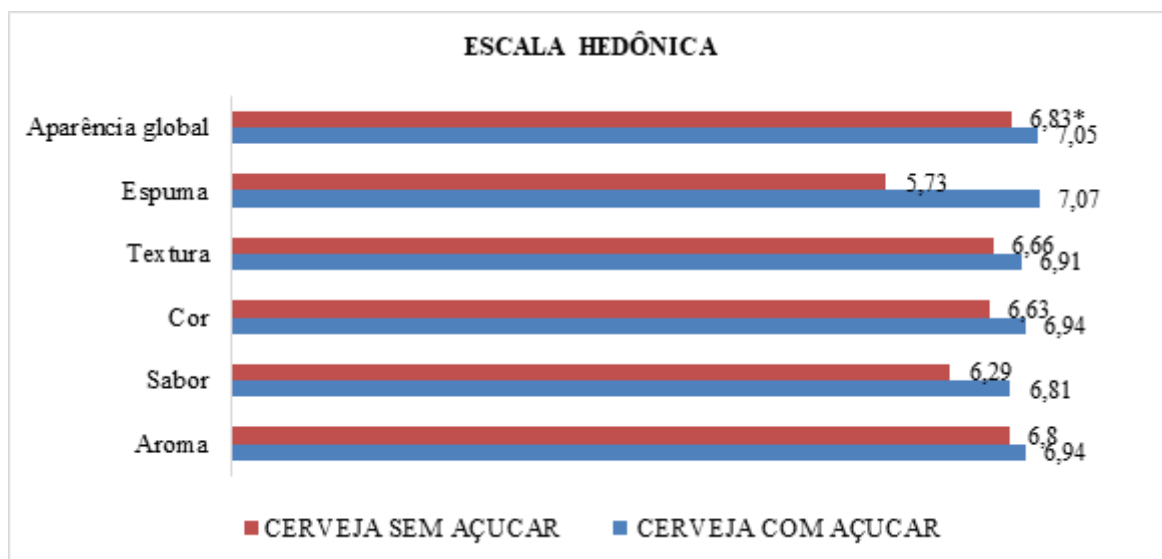
Em todos os parâmetros avaliados, a cerveja com açúcar obteve notas superiores às notas da cerveja sem açúcar (Figura 1).

A espuma foi o parâmetro que mais se diferenciou entre as duas, sendo um atributo de suma importância para os consumidores segundo Rosa e Afonso (2015),

e essa diferença pode ser explicada devido à presença de açúcar que resultou no aumento da densidade da espuma (BRUNELLI, 2012).

Em relação ao sabor, o fato da cerveja com adição de açúcar ser melhor aceita, está de acordo com o trabalho de Rodrigues (2000), este observou que o padrão ideal de cerveja para os brasileiros tende a sabores mais adocicados.

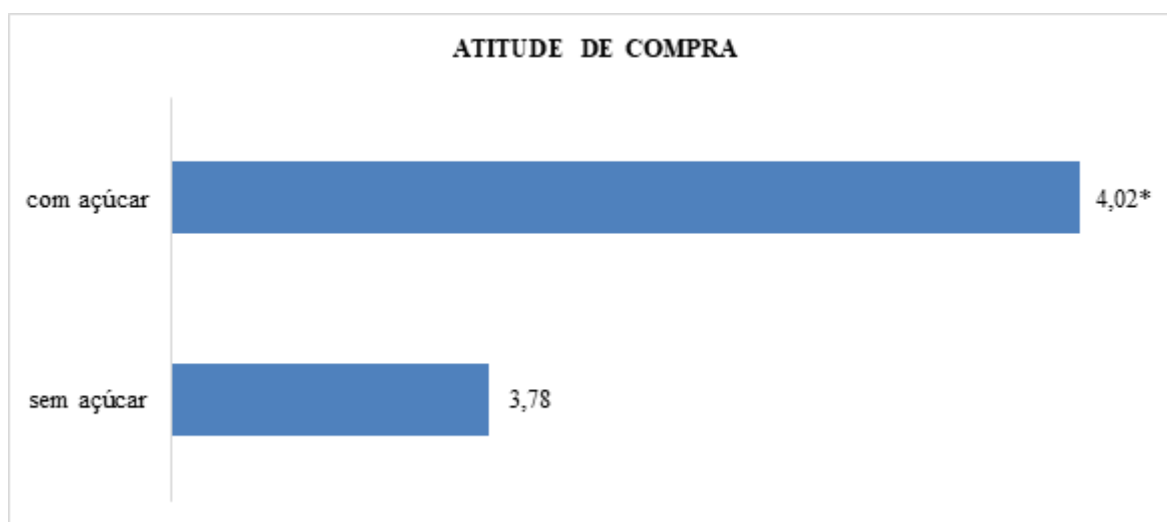
Para a aparência global, segundo Brunelli (2012) os aspectos da cerveja podem ter mudado devido a adição do açúcar que deixa a cerveja menos túrbida e melhora a clarificação, proporcionando uma colocação menos intensa.



*Os resultados apresentam as notas obtidas para os atributos sensoriais para a cerveja sem e com açúcar
Figura 1: Resultados da análise sensorial das cervejas sem e com açúcar
Fonte: Própria (2019)

Sobre a atitude de compra para os dois tipos de cerveja artesanal, a amostra de maior aceitação foi a cerveja com adição de açúcar (Figura 2), podendo ser comparada ao teste de compra da cerveja Pilsen feita por Matos (2011), uma das cervejas mais consumida no Brasil (RIBEIRO et al., 2008).

Diante disso, os resultados explicitados anteriormente refletem o padrão de consumo brasileiro, onde as cervejarias atendem o perfil de cerveja americana e europeia resultando em uma receita menos amarga (MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011).



*Os resultados apresentam as notas obtidas para o teste de intenção de compra para a cerveja sem e com açúcar. Figura 2: Teste de atitude de compra cerveja com e sem açúcar
 Fonte: Própria (2019)

5. CONCLUSÕES

A partir dos dados obtidos através da análise sensorial, a cerveja do tipo Oatmeal stout com adição de açúcar na refermentação foi melhor aceita diante dos parâmetros avaliados e de atitude de compra em relação a cerveja sem adição de açúcar na refermentação, seguindo os padrões de pureza alemã.

Referências

AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, A. U. Biotecnologia Industrial. 4 ed. **São Paulo: Edgard Blücher**, p.91-143, 2001.

AQUARONE, E.; LIMA, U. A.; BORZANI, W. Alimentos e bebidas produzidos por fermentação, São Paulo: Edgard Blücher, p. 227, 1983.

BRASIL. DECRETO Nº 6.871, DE 4 DE JUNHO DE 2009. Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 4 de junho de 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm. Acesso em: 22 de outubro de 2018.

BRUNELLI, L. T. **Produção de cerveja com mel: características físico-químicas, energética e sensorial**. 2012. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 2012.

CERVBRASIL - Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. **Anuário 2016**. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/anuario2016/161130_CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf. Acesso em: 22 de agosto de 2019.

CERVBRASIL. **DADOS DO SETOR CERVEJEIRO NACIONAL**. Disponível em: <https://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/cerveja/historia-da-cerveja.html>. Acesso em: 19 de agosto de 2019.

CERVESIA. **A história da cerveja**. Disponível em: <https://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/cerveja/>

historia-da-cerveja.html. Acesso em: 18 de agosto de 2019.

CLIMATE-DATA. Clima Uruçuí. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/42385/>. Acesso em: 20 de julho de 2019.

KUNZE, W. Technology brewing and malting. Berlim: VLB, p. 433-435, 1997.

MATOS, R. A. G. **Cerveja: panorama do mercado, produção artesanal, e avaliação de aceitação e preferência**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônoma)- Centro de Ciências Agrárias. Florianópolis, Santa Catarina. 2011.

MEGA, J. F.; NEVES, E.; ANDRADE, C. J. A produção da cerveja no Brasil. **Revista CITINO**, v. 1, n. 1, outubro-dezembro 2011.

RIBEIRO, M. M. *et al.* Influência da embalagem na aceitação de diferentes marcas comerciais de cerveja tipo Pilsen. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 395-399, 2008.

RODRIGUES, J.; KATER, G.; WIKERT, J. Produção de cerveja light segundo a lei de pureza alemã. **Revista Latino-Americana de Cerveja**, v. 1, n. 1, 2017. Disponível em: <https://www.faculdadeepica.com.br/revista-artigo-volume-1-numero-1-9>. Acesso em: 25 de setembro de 2019.

RODRIGUES, M. C. P. **Perfil Sensorial e aceitação de cervejas comercializadas no mercado brasileiro – treinamento e monitoramento de julgadores**. 2000. Tese (Doutorado em tecnologia de alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo. 2000.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. A química da cerveja. **Química e sociedade**, v. 37, n. 2, p. 98-105, maio 2015.

SIQUEIRA, P. B.; BOLINI, H. M. A.; MACEDO, G. A. O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, n. 4, p. 491-498, 2009.



CAPÍTULO 9

INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS COM USO DE COAGULANTES ORGÂNICOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

INTEGRATION OF WETLANDS WITH THE USE OF ORGANICS
COAGULANTS IN THE TREATMENT OF UNIVERSITY'S RESTAURANT
EFFLUENT

Edilaine Regina Pereira

Rodrigo Shoji Nakano

Victor Oliveira Silva Gonçalves

Fellipe Jhordã Ladeia Janz

Orlando de Carvalho Junior

Resumo

Este estudo possui como objetivo avaliar a integração do sistema alagado construído (SAC) no tratamento de efluente de restaurante universitário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina, auxiliado por coagulantes orgânicos *Moringa oleifera* e Tanino. Utilizou-se o equipamento Jar Test para o ensaio da ação dos coagulantes através de análise dos parâmetros pH, condutividade elétrica, demanda química de oxigênio, cor aparente e turbidez. Os ensaios foram realizados em duplicata e foram analisados estatisticamente através do programa BioEstat 5.0 por meio da análise de variância ANOVA. Os resultados demonstraram a viabilidade do uso de ambos os coagulantes como meio auxiliar ao processo, obtendo-se destaque ao coagulante Tanino, onde apresentou os melhores resultados de uma maneira geral.

Palavras chave: Tratamento de efluentes, *Moringa oleifera*, Tanino.

Abstract

This study aims to evaluate the integration of the flooded system (SAC) in the treatment of effluent from a university restaurant of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná Londrina campus, assisted by organic coagulants *Moringa oleifera* and Tanino. The Jar Test was used to test the action of the coagulants through analysis of pH, electrical conductivity, chemical oxygen demand, apparent color and turbidity. The assays were performed in duplicate and were analyzed statistically through the BioEstat 5.0 program through ANOVA variance analysis. The results demonstrated the feasibility of the use of both coagulants as an auxiliary to the process, obtaining a prominence to the coagulant Tanino, where it presented the best results in a general way.

Key-words: Effluents treatment, *Moringa oleifera*, Tanino.



1. INTRODUÇÃO

Existem diversas tecnologias disponíveis para o tratamento de efluentes adequando-os para as necessidades a que são destinados. Algumas dessas tecnologias são, contudo, caras e sofisticadas, necessitando de grandes investimentos para implantação e para operação, o que torna inviável sua aplicação para pequenas comunidades, principalmente localizada em regiões desprovidas de poderes econômicos se comparadas com outras regiões do país mais pobres. Nessas situações o emprego de tecnologias simples e de baixo custo, como é o caso dos sistemas de Leitões Cultivados (SAC's) torna-se interessante. Associado a estes fatos, os sais de alumínio e ferro são os coagulantes mais utilizados no tratamento de esgoto. Contudo, pesquisas têm apontado algumas desvantagens, tais como problemas de saúde causados pelo alumínio residual em águas tratadas, produção de grande volume de lodo, consumo da alcalinidade do meio, acarretando custos adicionais com produtos químicos utilizados na correção do pH (SILVA et al., 2007). O uso de coagulantes inorgânicos para tratamento de efluentes já é uma prática bastante utilizada nas estações de tratamento, no entanto a grande geração de lodo com elevados potenciais de metais como o Fe e Al torna interessante o estudo de tecnologias alternativas como o uso de coagulantes orgânicos. Diante disso, a semente de *Moringa oleifera* e o Tanino tornam-se uma alternativa promissora como meios alternativos de tratamento promovendo maior eficiência do sistema e apresentando uma opção sustentável ao meio ambiente. Lembre-se que uma formatação correta é essencial para o encaminhamento do seu trabalho ao Conselho Editorial para avaliação.

2. METODOLOGIA

Foi utilizado um sistema alagado construído vertical (SAC) (Figura 1) para o tratamento do efluente de restaurante universitário da Universidade Tecnológica do Paraná, campus Londrina.



Figura 1 – Sistema alagado construído vertical situado na UTFPR – Campus Londrina
Fonte: Autoria própria

Os efluentes foram coletados na saída do sistema SAC e aplicados em laboratório os coagulantes orgânicos *Moringa oleifera* e Tanino. Para execução da solução de *Moringa oleifera* foram utilizadas 50 g de sementes trituradas em 1L de água destilada e 1M de NaCl. Para a solução de Tanino utilizou-se a mistura de 10ml de tanino dissolvido em 1L de água destilada. As soluções utilizadas a partir das misturas foi de 2 mgL⁻¹ em cada coagulante. Desse modo, utilizou-se 0,2g de *Moringa oleifera* e 0,04g de Tanino para tratar o efluente. Inicialmente, foram adicionados em ensaio Jar Teste 2 litros de efluente sendo inicialmente utilizado uma rotação de 150 rpm (processo de coagulação). Os coagulantes foram adicionados e após 3 minutos foi reduzida a rotação para 15 rpm (processo de floculação). Passados 10 minutos o equipamento foi desligado e iniciou-se as coletas no período referente ao processo de sedimentação. Os tempos e as rotações foram adaptados de THEODORO (2012). As coletas foram realizadas nos tempos 10, 20, 30 e 40 minutos de sedimentação e os parâmetros pH, condutividade elétrica, demanda química de oxigênio, cor aparente e turbidez foram analisados de acordo com APHA (2012). Os resultados obtidos através do ensaio foram feitos em duplicata e analisados estatisticamente através do programa BioEstat 5.0 por meio da análise de variância (ANOVA), comparando os resultados encontrados para cada amostra no ultimo tempo de coleta para verificar a significância entre os tratamentos. O teste de Tukey a nível de 5% de significância foi aplicado quando a diferença apresentou resultados de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente caracterizou-se a amostra bruta e com isso obteve-se os seguintes resultados: pH 6,88; condutividade elétrica 0,88 mS m⁻¹; cor aparente 1350 mg PtCo L⁻¹; turbidez 773 NTU e DQO 665,87 mg O₂ L⁻¹. Observa-se na Tabela 1 os resultados de pH e de condutividade elétrica após a realização dos ensaios.

pH			Condutividade elétrica (mS.m ⁻¹)		
Tempo	<i>Moringa oleifera</i>	Tanino	Tempo	<i>Moringa oleifera</i>	Tanino
T1	7,0	7,1	T1	1,02	0,94
T2	7,1	7,2	T2	1,12	0,90
T3	7,0	7,0	T3	1,11	0,90
T3	6,9	7,1	T4	1,07	0,87

Tabela 1 – Resultados obtidos para os parâmetros pH e condutividade elétrica apresentados durante o ensaio

Fonte: Autoria própria

Os resultados demonstram que não houve variação de pH e condutividade elétrica comparado aos resultados do efluente bruto. Tais parâmetro não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, isso tendo sido observado devido ao fato que o F encontrado ser menor do que o F crítico tabelado. O pH variou



de 6,9 a 7,1 para a *Moringa oleifera* e de 7,0 a 7,2 para o tanino comprovando que ambos os coagulantes não possuem alteração no comportamento do pH da amostra. Foram também realizados ensaios de DQO porém apenas para o tempo final do ensaio (T4) onde foram observados valores de 356,33 mg O₂ L⁻¹ para o uso da *Moringa oleifera* e 315,68 mg O₂ L⁻¹ para o Tanino, apresentando uma eficiência de remoção para este parâmetro função do efluente de saída da SAC de 47% e 53%, respectivamente. No entanto, aplicando-se o método estatístico, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Foram realizadas análises da porcentagem de eficiência de remoção para cor aparente e turbidez, onde os resultados encontram-se na Figura 2 e 3, respectivamente.

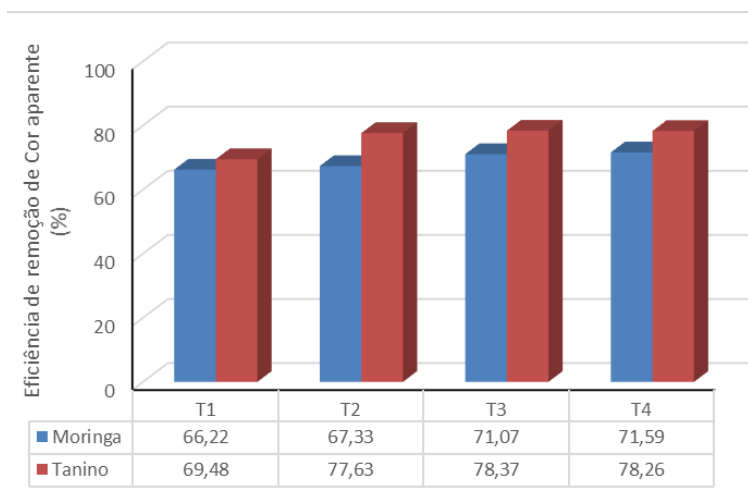


Figura 2 – Valores de porcentagem de remoção do parâmetro de cor aparente durante o ensaio
Fonte: Autoria própria

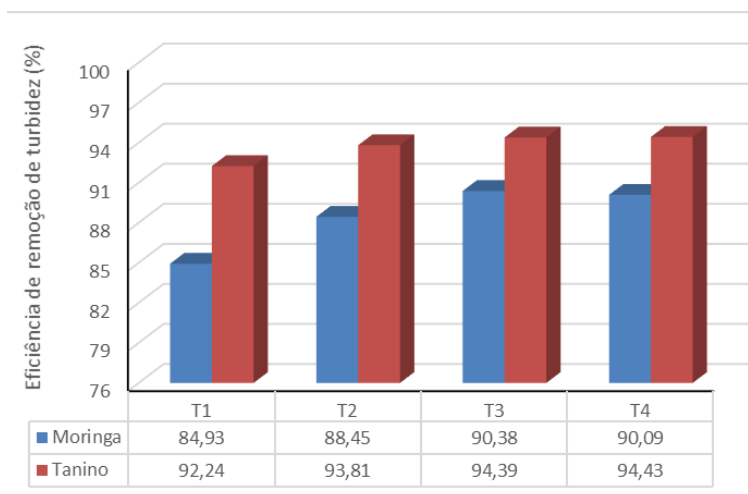


Figura 3 – Valores de porcentagem de remoção do parâmetro de turbidez durante o ensaio
Fonte: Autoria própria

O parâmetro cor aparente variou com a aplicação da *Moringa oleifera* atingiu valores de 383,5 mgPtCo L⁻¹ para o tempo T4 perfazendo uma redução de 72% frente ao efluente bruto; já para o Tanino a variação chegou a 78% atingindo valor de 293,5 mg PtCo L⁻¹ demonstrando a eficiência de aplicação de ambos os coagulantes no sistema. Quanto a turbidez a variação foi de 90% de eficiência de remoção para a *Moringa oleifera* e de 94% para o tanino apresentando remoções

bastante satisfatórias, demonstrando que os coagulantes apresentados nesta pesquisa podem ser vistos como um auxiliar ao processo de tratamento em efluente doméstico de restaurante universitário tratado em SAC. As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados das análises estatísticas encontradas para os parâmetros cor aparente e turbidez, respectivamente

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	Valor - P	F - Crítico
Entre grupos	44,22	1	44,22	28,1	0,03	18,51
Dentro dos grupos	3,15	2	1,57			
Total	47,37	3				

Tabela 2 – Resultados estatísticos apresentados para o parâmetro após análise ANOVA.
Fonte: Autoria própria

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	Valor - P	F - Crítico
Entre grupos	18,49	1	18,49	147,9	0,005	18,51
Dentro dos grupos	0,25	2	0,125			
Total	18,74	3				

Tabela 3 – Resultados estatísticos apresentados para o parâmetro após análise ANOVA.
Fonte: Autoria própria

De acordo com o demonstrado na Tabela 2 e 3, ambos os parâmetros apresentaram o valor de F encontrado na análise de variância ANOVA com apenas um critério resultado superior ao F crítico tabelado, assim demonstrando que os tratamentos possuem diferença significativa.

4. CONCLUSÃO

O uso de coagulantes orgânicos *Moringa oleifera* e Tanino torna-se uma opção viável para a complementação no tratamento de efluente de restaurante universitário pelo sistema alagado construído (SAC) com destaque para o coagulante Tanino. Outros coagulantes estão sendo analisados para poder serem comparados com os atuais e novas propostas serem obtidas.



Referências

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22^a ed. Washington, 1082p. 2012.

SILVA, M.E.R.; AQUINO, M.D.; SANTOS, A.B. Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais. Revista Tecnologia, Fortaleza, v. 28, n. 2, p.178-190, dez. 2007

THEODORO, J. D. P. Estudo dos mecanismos de coagulação/floculação para a obtenção de água de abastecimento para o consumo humano. 2012. 184f. Tese de Doutorado (Departamento de Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.



CAPÍTULO 10

DIMENSIONAMENTO DE WETLAND PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS E SEU REAPROVEITAMENTO

WETLAND SIZING FOR WATER TREATMENT DOMESTIC WASTE AND
ITS REUSE

Sabrina de Melo Silva

Thaiza Camila Vacari

Resumo

Considerando que nem toda a população mundial possui água e esgoto tratado e com a preocupação de preservar a água, que é um bem finito, criou-se a necessidade de inovar no tratamento de águas residuárias. O objetivo deste trabalho é apresentar uma alternativa sustentável para o tratamento de esgoto utilizando como exemplo um prédio de nível socioeconômico médio, com 30 moradores, e com uma contribuição per capita de 130 litros/dia. Utilizaram-se as equações de Jordão e Pessôa (2014), para o dimensionamento do tanque séptico. Utilizou-se também Benassi et al. (2018), para determinação da remoção média de poluentes pela wetland construída de fluxo subsuperficial horizontal. O tratamento primário é realizado por um tanque séptico prismático de câmara única, com o volume de 6m^3 , área superficial de 4m^2 e profundidade de 1,50 metros. O tratamento secundário é realizado pela wetland construída subsuperficial horizontal, com plantas do gênero Juncos, altura total do leito de 0,5 m, e a água dentro do leito de 0,4 m. Conclui-se que é possível realizar um tratamento eficaz, econômico e sustentável, com o sistema de wetlands construídas.

Palavras chave: Wetlands construída, Aproveitamento hídrico, Inovação, Esgoto doméstico.

Abstract

Considering that not all the world population has treated water and sewage and with the concern of preserving water, which is a finite asset, there was a need to innovate in the treatment of wastewater. The objective of this work is to present a sustainable alternative for the treatment of sewage using as an example a building of average socioeconomic level, with 30 residents, and with a per capita contribution of 130 liters / day. The Jordão and Pessôa (2014) equations were used to design the septic tank. Benassi et al. (2018), to determine the average pollutant removal by the constructed wetland with horizontal subsurface flow. The primary treatment is carried out by a single chamber prismatic septic tank, with a volume of 6m^3 , a surface area of 4m^2 and a depth of 1.50 meters. The secondary treatment is carried out by the horizontal subsurface constructed wetland, with plants of the genus Juncos, total height of the channel of 0.5 m, and the water within the bed of 0.4 m. It is concluded that it is possible to carry out an effective, economical and sustainable treatment, with the constructed wetland system.

Key-words: Constructed wetlands, Water use, Innovation, Domestic sewage.



1. INTRODUÇÃO

De acordo com o diagnóstico dos serviços de água e esgoto, realizada em 2015, pelo Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), pouco mais de 50% da população brasileira tem acesso à coleta de esgoto e cerca de 70% de todo esgoto coletado passa por algum nível de tratamento antes de seu lançamento nos corpos hídricos (BENASSI et al., 2018).

Como se sabe, a falta de tratamento de esgotos sanitários tem como consequências: a veiculação hídrica de doenças infecciosas, tais como diarreia e hepatites virais; impactos ambientais negativos, como a degradação de corpos hídricos; e o comprometimento da qualidade de vida humana (BENASSI et al., 2018). Em virtude da preocupação com esses fatos apresentados, buscou-se uma inovação que seja econômica, de fácil manutenção e instalação e visualmente agradável. Uma das inovações para o tratamento de águas residuárias domiciliares que mais se encaixam nessas opções são as Wetlands construídas.

Os sistemas alagados naturais são áreas inundadas ou saturadas por água superficial ou subterrânea, que suportam uma vegetação adaptada a estas condições, como pântanos, brejos e áreas similares, que abrigam diversas formas de vida aquática. (SPERLING, 2014).

Já os sistemas alagados construídos, terras úmidas construídas, banhados artificiais, além da denominação internacional de constructed wetlands, referem-se aos sistemas chamados de Wetlands construídas, que consistem em lagoas ou canais rasos, que abrigam plantas aquáticas flutuantes e/ou em enraizadas (emergentes e submersas) em uma camada de solo no fundo. Usualmente possuem uma camada impermeável de argila ou membrana sintética no fundo, e estruturas para controlar a alimentação, retirada do líquido e nível d'água (SPERLING, 2014).

Dependendo do sistema pode ser utilizado meio suporte poroso e inerte de diferentes tipos, tais como: areia, solos naturais, pedras, cascalhos, cinzas, cascas, pneu picado, fibra de coco, entre outros; e em diferentes granulometrias (BENASSI et al., 2018), tornando o tratamento ainda mais econômico e sustentável. O material suporte, também conhecido como material filtrante ou substrato funciona tanto como meio de suporte para o estabelecimento das macrófitas aquáticas, quanto como filtro para retenção de sólidos suspensos presentes no esgoto e como meio para a aderência dos microrganismos (BENASSI et al., 2018).

O sistema construído de wetlands possui a capacidade de assimilação e conversão de matérias orgânicas (carbono) e nutrientes (nitrogênio e fósforo), como ocorre nos alagados naturais, controlando a poluição da água e melhorando sua qualidade (BENASSI et al., 2018).



Os sistemas alagados construídos diferem dos naturais pela interferência humana, tal como aterros, drenagem, alteração de escoamento e propriedades físicas. Portanto, a utilização de sistemas alagados naturais diretamente para o tratamento de esgotos é impactante e não deve ser incentivada (SPERLING, 2014).

A Wetland Subsuperficial de fluxo horizontal contém um leito composto de pequenas pedras, cascalho ou areia, dando suporte ao crescimento de plantas aquáticas. O nível da água permanece abaixo da superfície do leito (diminuindo o risco de geração de odores, proliferação de agentes patogênicos) e os esgotos fluem horizontalmente em contato com as raízes e os rizomas das plantas, onde se desenvolve o biofilme bacteriano (SPERLING, 2014) e (BENASSI et al., 2018). Posto isto, objetiva-se com esse trabalho, analisar a viabilidade do tratamento do próprio efluente através de um sistema de fossa séptica e wetlands construída subsuperficial de fluxo horizontal.

2. METODOLOGIA

Os dimensionamentos da fossa séptica foram determinados com a utilização da metodologia proposta pelo livro Tratamento de Esgotos Domésticos de Jordão e Pessoa (2014). Os dimensionamentos foram:

O volume útil da fossa é determinado pela equação: $V = 1000 + N (C.T + K.Lf)$

Vazão diária: $Q = N.C$

N = Número de contribuintes

C = Contribuição unitária de esgoto

K = Taxa de acumulação do lodo

Lf = Contribuição do lodo fresco

h = Profundidade útil fixada

Área superficial $A = V/h \text{ m}^2$

Segundo Benassi et al. (2018), a remoção média de poluentes pela wetland construída de fluxo subsuperficial horizontal é de:

- Fósforo 51,5%
- Nitrogênio 30,0%



- DBO 81,5%
- DQO 76,5%

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados

Apresenta-se a seguir a determinação do tratamento através do sistema tanque séptico e wetlands de águas residuais de um prédio de nível socioeconômico médio, com 30 moradores, com uma contribuição per capita de 130 litros por dia, totalizando uma vazão diária de 3.900 litros. A água residual saindo do apartamento passa pela caixa de gordura, que facilita o processo retendo o óleo. O tratamento preliminar é realizado pelo gradeamento, que retém possíveis sólidos grosseiros, com o objetivo de não danificar o sistema. O tratamento primário é realizado por um tanque séptico prismático de câmara única, cujas medidas são: volume útil de 5,98 m³, área superficial de 4 m², profundidade útil fixada de 1,50 metros.

Informações sobre o esgoto:

- A contribuição do lodo fresco é de 1,00 litro/habitante X dia.
- Taxa de acumulação do lodo: K= 57d
- O tempo de detenção do esgoto na fossa é de 20 horas.
- A temperatura permanece acima de 20° C.
- Intervalo de limpeza do lodo da fossa: 1 Ano

Cálculos do dimensionamento da fossa séptica:

Volume útil da fossa = $1000 + 30 \cdot (130 \cdot 0,84 + 57 \cdot 1) = 5.986 = 5,98 \text{ m}^3$

Vazão diária: $Q = 30 \cdot 130 = 3.900$ litros por dia

Área superficial $A = 5,98 \text{ m}^3 / 1,50 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$

O tratamento secundário é realizado pela wetland construída subsuperficial horizontal, com 50% da área composta por plantas do gênero Juncos alternadas pela extensão do sistema. Com altura total do leito de 0,5 m, e a água dentro do leito de 0,4 m. Os meios suportes são brita e pneus picados.



3.2 Discussão

A escolha do tanque séptico se deu por ele realizar a remoção da maior parte dos sólidos em suspensão, os quais se sedimentam e sofrem o processo de digestão anaeróbia no fundo do tanque, já a Wetland efetua a remoção complementar de DBO e nitrogênio restante.

O intervalo de limpeza é pequeno com a finalidade de que se use a eficiência máxima de tratamento. A escolha da macrófita a ser utilizada se deu pelas características físicas e químicas que ela possui, propícias para suportar o ambiente úmido por um longo período de tempo.

A wetland construída subsuperficial horizontal é a ideal para o tratamento neste caso, pois não tem possibilidade de maus odores, é o modelo ideal para receber efluentes de tanque séptico, pois remove as matérias orgânicas. As macrófitas necessitam de poda regular. Após essas podas, as plantas aquáticas podem ser reaproveitadas por meio de compostagem, produzindo adubo orgânico de boa qualidade.

Os meios suportes são pneus para que se forme o biofilme e permita o escoamento contínuo do esgoto, sem problemas de entupimento, além de reciclar os pneus sem utilidade.

Segundo Sezerino et al (2015), não existe na literatura brasileira uma padronização de área requerida nas wetlands construídas. Por este motivo existe uma grande variabilidade em relação à área do sistema. A água tratada pode ser reutilizada na piscina, na lavagem dos carros do condomínio, na jardinagem e paisagismo, pode ser implantado um sistema de descarga do vaso sanitário, tanto dos apartamentos, quando do salão de festa, pode se utilizar também na limpeza e manutenção do pátio.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à possibilidade de aplicação aos mais diversos tipos de efluentes, custos muitas vezes inferiores, eficiência na remoção de nitrogênio, fósforo, demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio, facilidade na manutenção e implantação, possibilidade de contribuir com o meio ambiente e ainda serem usados como forma de paisagismo, os sistemas de Wetlands Construídas se apresentam como uma opção viável tanto economicamente, quanto socialmente e ambientalmente.



5. AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus simplesmente por tudo. Gratidão à Divina, Paulino, Gabriella e à toda equipe da Editora Pascal pelo suporte.

Referências

BENASSI, Roseli Frederigi et al. **Manual de sistemas de Wetlands construídas para o tratamento de esgotos sanitários**. Santo André - SP: UFABC, 2018.

BRASIL. Constituição (1981). Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília, 31 ago. 1981.

GUIMARÃES, Thamires Maria Campos; GUIMARÃES, Márcia Maria. **Estudo sobre a utilização de "Wetlands" construídas para tratamento de águas residuárias no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 8., Campo Grande - MS: Ibeas, 2017. p. 1 - 9.

KADLEC, R. H., WALLACE, S. D. (2008). *Treatment wetlands*. 2. Ed. Boca Raton, FL, USA. CRC Press.

MORE: **Mecanismo online para referências**, versão 2.0. Florianópolis: UFSC Rexlab, 2013. Disponível em: < <http://www.more.ufsc.br/> > . Acesso em: 13 ago 2019

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2014. 1087 p.

SEZERINO, Pablo Heleno et al. **Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais**. Eng. Sanit. Ambient. [online]. 2015, vol.20, n.1, pp.151-158.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora Ufmg, 2014. 472 p.



CAPÍTULO 11

RECUPERAÇÃO E MONITORAMENTO DE NASCENTES UTILIZANDO ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO DE BARREIRINHAS, MARANHÃO

SOURCE RECOVERY AND MONITORING USING NATIVE SPECIES FROM
CERRADO OF BARREIRINHAS, MARANHÃO

Jessica Silva Oliveira

Maria Lourença Costa Ribeiro

Éville Karina Maciel Delgado Ribeiro Novaes

Resumo

O estudo foi realizado no período de agosto de 2017 a julho de 2019, no Povoado Olho D'água município de Barreirinhas Maranhão. A área de estudo é uma nascente classificada como APP pela Lei 12.651/12. Foi utilizado o método de inserção de propágulos (plantio direto de mudas) e regeneração natural. As mudas foram produzidas a partir de sementes coletadas no entorno da nascente em em garrafas PET contendo terra preta sem adubação, na casa de vegetação do Instituto Federal do Maranhão, Campus Barreirinhas. Foram transplantadas para uma parcela de 100 m² no início no período chuvoso, com espaçamento de 2 metros entre as mudas e entre linhas. Após o plantio, foram realizadas visitas mensais para registrar o valor de crescimento da plântula. Foram produzidas um total de 247 mudas. O número de mudas produzidas por espécie variou de acordo com o número de frutos e sementes coletados. A maioria das espécies demonstrou dormência causada pelo tegumento impermeável, que foi quebrada através de escarificação mecânica, aumentando a taxa de germinação. Houve alta taxa de mortalidade, sendo as espécies de Fabaceae as que mais sobreviveram. Os dados demonstram que as espécies de cerrado possuem adaptações para sobreviverem ao período de estiagem, diminuindo seus gastos energéticos. As espécies cessam seu crescimento, perdem folhas e, no caso de mudas jovens, podem inclusive perder suas partes aéreas, rebrotando durante o período chuvoso. Na área com regeneração natural foi observada uma baixa diversidade de espécies.

Palavras chave: Mudas, Reflorestamento, Área degradada.

Abstract

The study was conducted from August 2017 to July 2019, in the Olho D'água village in Barreirinhas, Maranhão. The study area is a spring classified as Permanent Preservation Area by Law 12.651/12. The method of propagule insertion and natural regeneration were used. The seedlings were produced from seeds collected around the spring in PET bottles containing black soil without fertilization, in the greenhouse of the Federal Institute of Maranhão, Campus Barreirinhas. They were transplanted to a plot of 100 m² at the beginning of the rainy season, with a spacing of 2 meters between the seedlings and between rows. After planting, monthly visits were made to record the growth value of the seedling. A total of 247 seedlings were produced. The number of seedlings produced by species varied according to the number of fruits and seeds collected. Most species showed numbness caused by the impermeable coat, which was broken through mechanical scarification, increasing the germination rate. There was a high mortality rate, with Fabaceae species being the ones that most survived. The data show that the cerrado species have adaptations to survive the drought period, reducing their energy costs. The species stop growing, lose leaves and, in the case of young seedlings, may even lose their aerial parts, regrowth during the rainy season. In the area with natural regeneration, a low diversity of species was observed.

Key-words: Seedlings, Reforestation, Degraded area.



1. INTRODUÇÃO

O maior percentual de água potável consumido no planeta provém de nascentes de riachos que banham os grandes rios de água doce. A morte de suas nascentes pode ser tomada como explicação para o baixo volume dos rios e lençóis freáticos (WWF, 2007). Seguindo essa linha de pensamento, é necessário que haja uma preocupação maior com as fontes de água, que no estado do Maranhão estão situadas em regiões rurais, onde não há fiscalização ambiental, expondo esses ambientes ao desmatamento e queimada em vista da agricultura rural (BRASIL, 2018).

O Cerrado se estende pela região central do Brasil e funciona como um bioma de ligação entre a Amazônia, Caatinga, Pantana e Mata Atlântica, cerca de 15% do território nacional é representado pelo Bioma de Cerrado (MMA, 2007). No estado do Maranhão, o bioma Cerrado ocupa cerca de 64% do território do estado (ARAUJO, 2016).

No município de Barreirinhas, Maranhão, o cerrado está localizado em áreas de grande atividade agrícola na produção de roças itinerantes. Muitas roças são feitas próximo a corpos d'água, para facilitar a irrigação, causando desmatamentos. Além disso, os agricultores rurais utilizam a "roça-de-toco" e não realizam a limpeza do aceiro para evitar a passagem do fogo para outras áreas, provocando incêndios.

O desmatamento e as queimadas têm como justificativa a limpeza do solo que será usado no plantio das roças e para o melhoramento do pasto nativo que é usado como alimento para pequenas criações de bovinos. Essas ações de desmatamento da mata ripária diminuem a quantidade de espécies vegetais que conduzem água até os reservatórios subterrâneos causando a diminuição do volume de água e conseqüentemente, no afloramento de nascentes.

Algumas espécies vegetais do cerrado são responsáveis por conduzir água para os aquíferos subterrâneos que abastecem muitas cidades brasileiras. Através de raízes desenvolvidas para crescer excessivamente no sentido de geotropismo positivo, as espécies do cerrado desenvolvem mais as raízes do que as demais estruturas, a fim de alcançar os aquíferos, pois enfrentam longos períodos de estiagem. Contudo, nos períodos chuvosos essas raízes encharcam e depositam o acúmulo de água diretamente nas reservas subterrâneas (Fellet, 2017).

Para evitar que o ocorra o desaparecimento de algumas espécies vegetais, é necessário que haja um trabalho de restauração ecológica, visando a manutenção da composição florística natural para assim diminuir esses impactos.

Esse trabalho avalia e compara métodos de recuperação e monitoramento da mata ripária (mata ciliar) dessas áreas utilizando mudas de espécies nativas da

região e regeneração natural, visando à recuperação das encostas da nascente e riacho que banha a comunidade de Olho D'água, no município de Barreirinhas, Maranhão.

2. MÉTODO

O estudo foi aplicado no entorno de uma nascente classificada como Área de Preservação Permanente (APP), pela LEI 12.651 (Brasil, 2012) e foi realizado no período de agosto de 2017 a agosto de 2019. Está localizada na comunidade do Olho D'água em uma região de cerrado, localizado no assentamento Morro Alto, na comunidade Olho D'água dos Pereiras, município de Barreirinhas - MA ($2^{\circ}54'52.5''S$ e $42^{\circ}58'04.0''W$), à 25 km do centro da cidade. A área pertence à Associação dos Trabalhadores Rurais da Comunidade Olho D'água registrada no Instituto de Colonização e Terras do Maranhão (INTERMA).

Foram realizadas visitas periódicas para coleta de sementes e elaboração exsiccatas para identificação das espécies nativas no entorno da nascente.

As sementes coletadas que apresentavam dormência tegumentar passaram por processo de escarificação mecânica segundo os métodos sugeridos pela EMBRAPA no Guia de Germinação de 100 Sementes do Cerrado (Mori, 2012).

As mudas foram produzidas na casa de vegetação do Instituto Federal do Maranhão, Campus Barreirinhas, com cobertura em sombrite (30%), plantadas em garrafas pets de dois litros em substrato de terra preta sem adubação para garantir a rustificação. Após a germinação das sementes e aparecimento das primeiras folhas, as mudas passaram 4 meses sob irrigação diária com o auxílio de mangueira.

A área degradada representada na Figura 1 foi dividida em três parcelas de 10m x 10m.

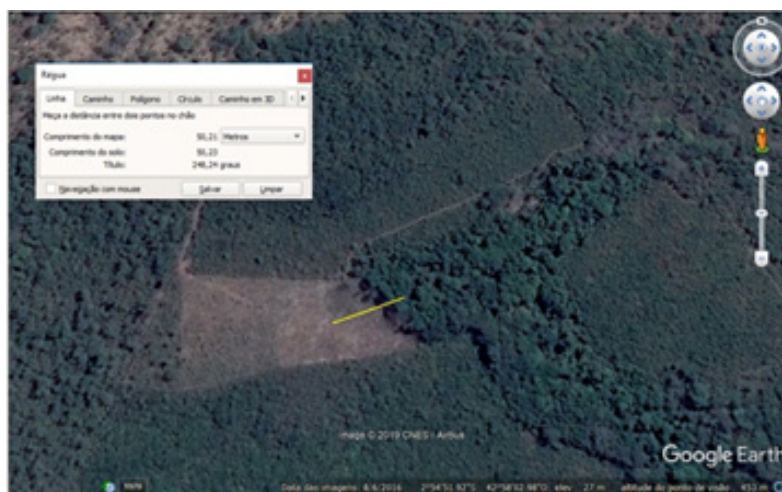


Figura 1- Imagem de satélite da APP Nascente do Olho D'água.
Fonte: Google Earth

Após quatro meses as mudas foram transplantadas para uma área de 100 m² (Figura 2). O transplante das mudas foi realizado durante o período chuvoso em covas de 30cmx30cm regularmente espaçadas com dois metros entre linha e dois metros entre plantas. Ao redor das mudas foi realizado o coroamento, ou seja, remoção da vegetação em um raio de um metro ao redor das covas.



Figura 2 - Área degradada na APP no entorno de nascente do Olho D'água.
Fonte: Autor

Outra área de 200 m² foi submetida ao método de regeneração natural.

Foram realizadas medições de altura, diâmetro na altura do solo e do número de folhas das espécies transplantadas e regeneradas naturalmente no decorrer de 1 ano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estudo realizado na área de nascente de cerrado no Povoado Olho D'água no município Barreirinhas, observou-se uma composição florística diversificada. Para as três parcelas obteve-se um total de 557 indivíduos, com 30 morfoespécies distribuídas em 21 gêneros e 14 famílias (Tabela 1), sendo 18 identificadas em nível de espécie, 5 em nível de gênero e 7 ainda não foram identificadas apresentando apenas nomes populares.

Família	Gênero	Nome científico	Nome popular
Anacardiaceae	<i>Tapirira</i>	<i>Tapirira sp</i>	Pau-pombo-branco
		<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Pau-pombo-vermelho
Annonaceae	<i>Xylopia</i>	<i>Xylopia emarginata</i> Mart.	Pindaíba
Arecaceae	<i>Astrocaryum</i>	<i>Astrocaryum vulgare</i> Mart.	Tucum
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	<i>Tabebuia sp</i>	Ipê
Burseraceae	<i>Protium</i>	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Amescla
Cecropiaceae	<i>Cecropia</i>	<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	Embaúba
Clusiaceae	<i>Platonia</i>	<i>Platonia insignis</i>	Bacuri
Fabaceae	<i>Plathymenia</i>	<i>Plathymenia reticulata</i>	Candeia
	<i>Dimorphandra</i>	<i>Dimorphandra sp</i>	Fava d'anta
	<i>Parkia</i>	<i>Parkia platycephala</i>	Fava de bolota
	<i>Swartzia</i>	<i>Swartzia langsdorffii</i>	Jacarandá
	<i>Copaifera</i>	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Mata fome vermelho
	<i>Bauhinia</i>	<i>Bauhinia sp</i>	Pata de vaca
Humiriaceae	<i>Humiria</i>	<i>Humiria balsamifera</i>	Mirim
Lecythidaceae	<i>Lecythis</i>	<i>Lecythis sp</i>	Sapucaia
		<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Sapucarana
Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i>	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Murici
Myristicaceae	<i>Virolla</i>	<i>Virolla surinamensis</i>	Bicuíba
Sapindaceae	<i>Matayba</i>	<i>Matayba cf guianensis</i>	Mata fome
Sapotaceae	<i>Pouteria</i>	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	Pitomba de leite
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum lycocarpum</i> St. Hil.	Jurema
Sterculiaceae	<i>Sterculia</i>	<i>Sterculia striata</i> St. Hil. et Naud.	Axixá
-	-	indeterminada 1	Bacuri bravo
-	-	indeterminada 2	Colhões de bode
-	-	indeterminada 3	-
-	-	indeterminada 3	Mongolô
-	-	indeterminada 4	Mucuruna
-	-	indeterminada 5	Murta
-	-	indeterminada 6	Pra-tudo

Tabela 1 - Composição florística de uma área de APP no Povoado Olho D'água no município de Barreirinhas, MA.

Por se tratar de uma área danificada por queimadas de roças itinerantes a riqueza dessa área pode ter sido afetada pela prática de agricultura. De acordo com os estudos de Carmo (2006), as espécies zoocóricas são as mais prejudicadas pelo isolamento ocasionado por queimadas e agricultura.



As espécies que mostraram um maior número de indivíduos foram *Platonia insignis* com 167 indivíduos e *Bauhinia sp.*, com 70 indivíduos. Ambas possuem dispersão autocóricas, o que reforça os dados obtidos por Carmo (2006), de que essas espécies se desenvolvem em maior quantidade por ter uma área de contato e dispersão maior. Além disso, *Platonia insignis* apresenta um grande índice de reprodução vegetativa pela raiz, facilitando a regeneração natural, principalmente em áreas de vegetação secundária (CARVALHO et al., 1998).

Entretanto essa grande aglomeração de uma única espécie reduz a diversidade local prejudicando a regeneração das relações ecológicas na área.

3.1 Produção de mudas

Foi produzido um total de 198 mudas. Durante a produção observou-se que sementes de algumas espécies não germinaram e apodreceram, como *Virolla surinamensis* e *Byrsonima crassifolia*. Esses dados indicam que algumas espécies possuem outros mecanismos que impedem sua germinação, que não apenas a dormência do tegumento.

Já espécies como *Tabebuia sp* apresentaram um alto índice de germinação sem necessitar de tratamentos de quebra de dormência, necessitando apenas posicionar a semente na terra na posição vertical.

Espécies como *Sterculia striata*, *Plathymenia reticulata*, *Copaifera langsdorffii* e *Matayba cf guianensis* mostraram um alto índice de germinação em relação às demais espécies como mostra a Tabela 2.

Nome vulgar	Nome científico	Família	Tratamento	Mudas produzidas	% de germinação
Axixá	<i>Sterculia striata</i> St. Hil. et Naud.	Malvaceae	Escarificação mecânica (remoção do tegumento na região do hilo)	12	91,6%
			Sem tratamento	3	
Bicuíba	<i>Virolla surinamensis</i>	Myristicaceae	Escarificação mecânica (abrasão) Escarificação em meio húmido	12 25 25	0%
Candeia	<i>Plathymenia reticulata</i>	Fabaceae	Sem tratamento	22	100%
Faveira	<i>Parkia platycephala</i>	Fabaceae	Escarificação mecânica (abrasão)	18	55,55%
Ipê	<i>Tabebuia sp.</i>	Bignoniaceae	Sem tratamento	18	83,3%
Mata fome	<i>Matayba cf guianensis</i> Aubl	Sapindaceae	Escarificação mecânica (abrasão)	07	71,4%

Mata fome vermelho	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.		Escarificação mecânica (abrasão)	27	77,7%,
Mirim	<i>Humiria balsamifera</i>	Humiriaceae	Sem tratamento	09	0%
Muricí	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpighiaceae	Sem tratamento	20	0%

Tabela 2 – Porcentagem de germinação das espécies de acordo com tratamento de quebra de dormência que as sementes foram submetidas e quantidade de mudas produzidas.

3.2 Índice de sobrevivência

Houve uma alta porcentagem de mortalidade entre as mudas transplantadas. Algumas espécies perderam mais de 60% de suas mudas, como *Sterculia* sp. e *Tabebuia* sp. No entanto, da família Fabaceae apresentaram uma porcentagem de sobrevivência acima dos 60% como mostra a Figura 3.

O estresse hídrico e baixa pluviosidade apresentados nos meses de transplante se mostraram determinantes na baixa sobrevivência de algumas espécies vegetais. *Sterculia* sp. demonstrou grande estresse após ser transplantada, pois todas as mudas apresentaram características de senescência. No entanto, quase 40% das mudas se regenerou.

Parkia platycephala e *Platymenia reticulata*, ambas da família Fabaceae demonstraram um alto índice de sobrevivência, o que pode estar relacionado à capacidade de representantes desta família de obter mais nutrientes do solo (Franco et al. 2003).

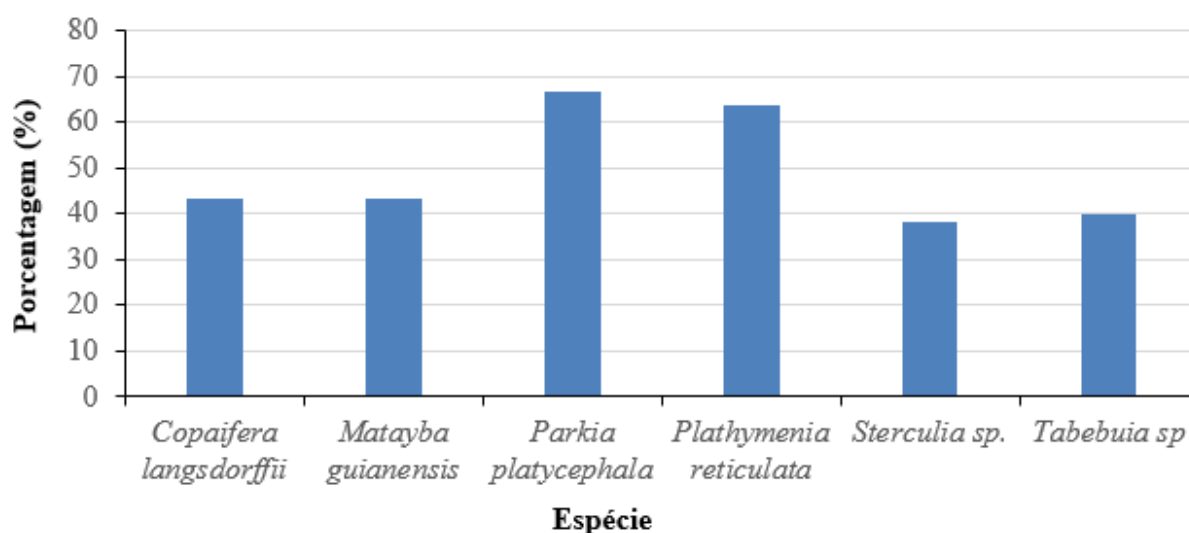


Figura 3 – Sobrevivência de mudas de espécies vegetais transplantados em APP em área do cerrado Barreirinhense.

3.3 Altura, circunferência e quantidade de folhas das plantas

A análise foi realizada de março de 2018 a julho de 2019, as medições evidenciaram uma mudança significativa ao longo dos meses (Figuras 4 e 5).

Dentre as plantas utilizadas como propágulos, as que demonstraram um crescimento mais significativo foram as representantes da família Fabaceae. Tanto a *Parkia platycephala* quanto a *Plathymenia reticulata* se mostraram capazes de se adaptar ao solo nu de pós-colheita, entretanto, essas plantas também sofreram influência negativa das condições ambientais locais.

Tabebuia sp também apresentou um desenvolvimento acentuado em relação as demais espécies, porém reduzido em relação as representantes da família Fabaceae. Ambas apresentaram redução no tamanho médio durante o período de estiagem que dura de agosto a dezembro, pois alguns espécimes não resistiram à mudança de clima resultando na redução da progressividade da linha de crescimento (Figura 4).

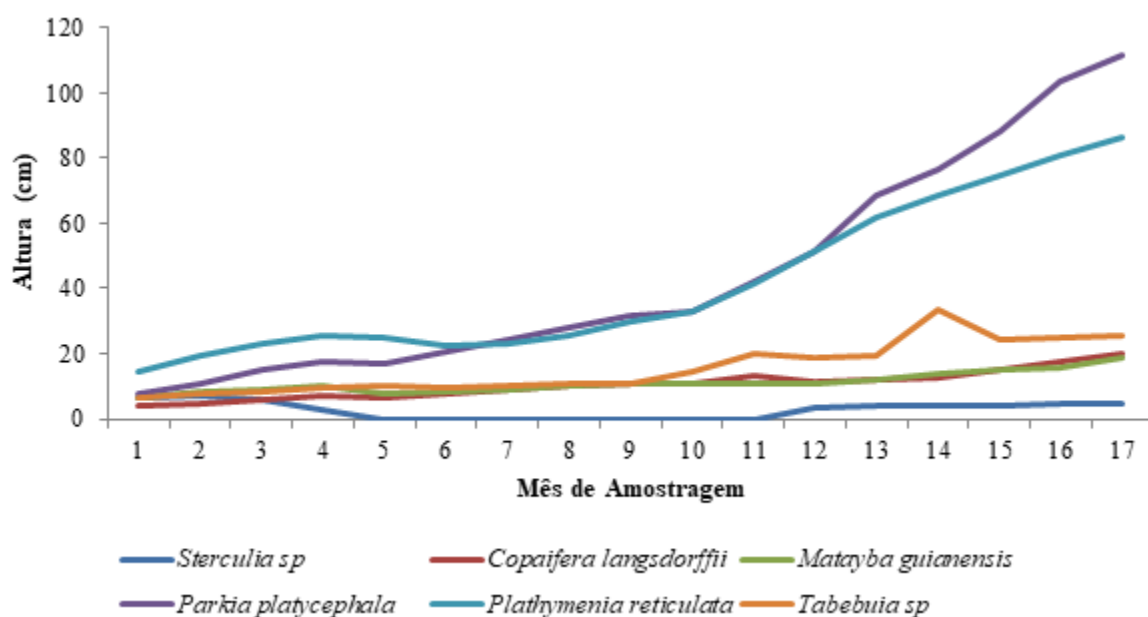


Figura 4 - Altura de espécimes transplantado em área de APP do cerrado Barreirinhense por mês de observação.

Assim como no gráfico anterior, as espécies que apresentaram os maiores valores de desenvolvimento foram as representantes da família Fabaceae seguidas da *Tabebuia sp*, com um declive no gráfico resultante do período de estiagem como mostra a Figura 5.

No período de abril a julho de 2018 as espécies *Plathymenia reticulata* e *Parkia platycephala* não apresentava valores com diferenças significativas entre as demais espécies, e a partir do mês de agosto de 2018 as espécies da família Fabaceae mostraram um crescimento expressivo em relação das outras espécies.

A espécie *Tabebuia sp* também mostrou um desenvolvimento progressivo, mas

não apresentou valores que diferem muito das espécies posteriores. A *Sterculia* sp. foi a que apresentou os menores valores das espécies estudadas.

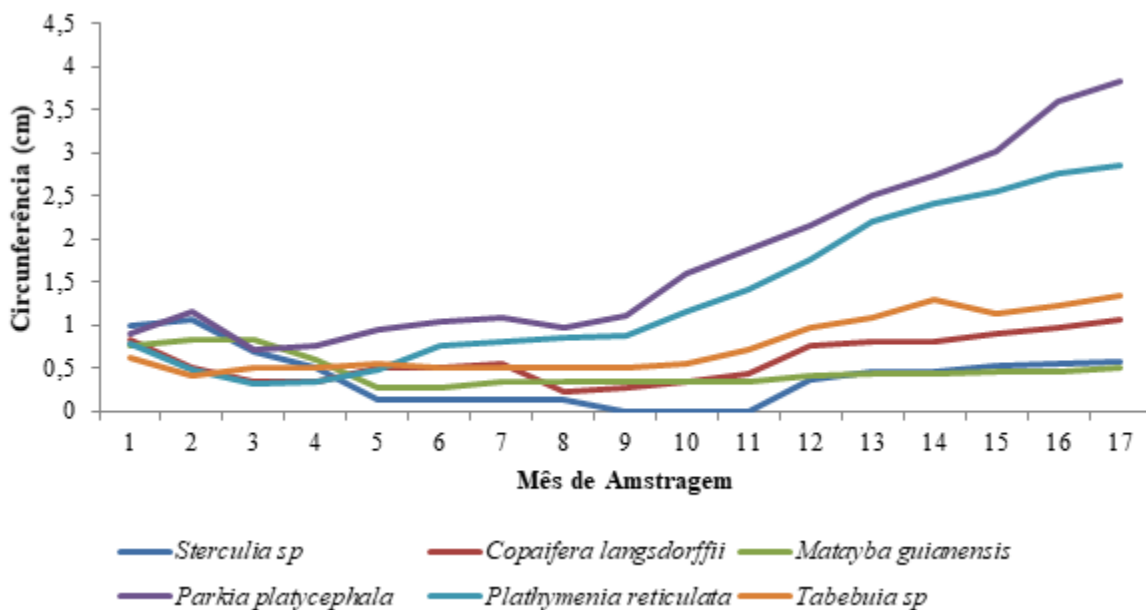


Figura 5 - Circunferência de espécimes transplantado em APP em área do cerrado Barreirinhense por mês de observação.

No período de março de 2018 a janeiro de 2019 a quantidade de folhas não diferem entre as espécies de maneira significativa. Porém, a partir do mês de fevereiro de 2019 a *Plathymenia reticulada* mostrou um aumento expressivo na quantidade de folhas com diferença significativa entre os demais chegando a apresentar uma média de 44 folhas. Essa diferença coincidiu com o período chuvoso que proporciona um maior desenvolvimento foliar. E mais uma vez a espécie que menos se desenvolveu foi a *Sterculia* sp. a quantidade média de folhas variou entre 1 e 2 folhas.

A espécie *Matayba guianensis* apresentou valores semelhantes à *Sterculia* sp., o que não mostrando um desenvolvimento muito significativo em relação demais espécies. As espécies *Tabebuia impetiginosa*, *Parkia platycephala* e *Copaifera langsdorffii* mostraram valores que não diferem muito entre si, que são valores medianos se comparados a amostragem total como apresentado na Figura 6.

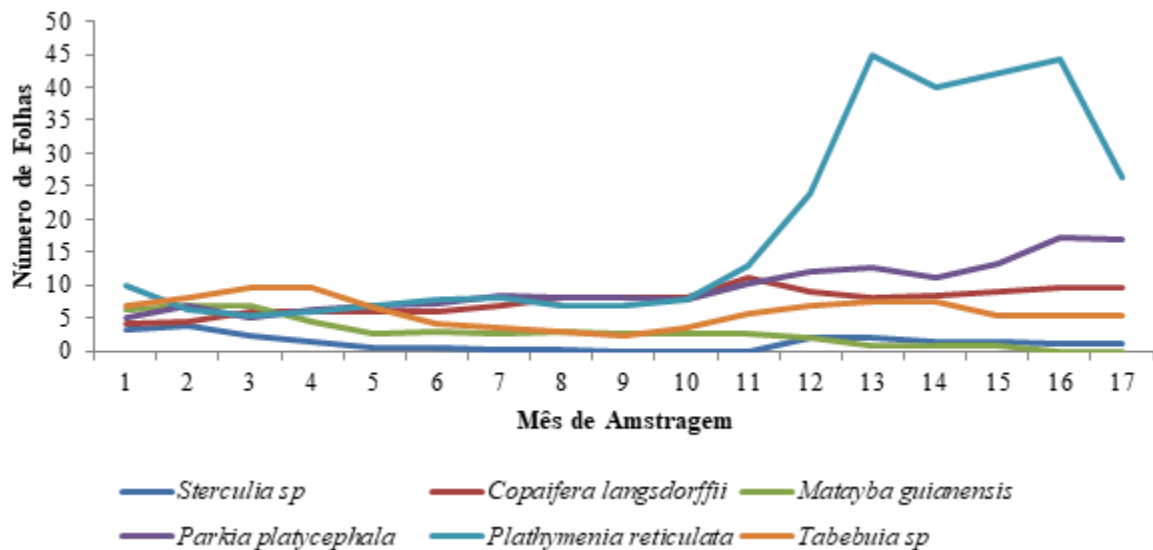


Figura 6 - Quantidade de folhas de espécimes transplantadas em APP em área do cerrado Barreirinhense por mês de observação.

Os dados demonstram que as espécies de cerrado possuem adaptações para sobreviverem ao período de estiagem, diminuindo seus gastos energéticos. As espécies cessam seu crescimento, perdem folhas e, no caso de mudas jovens, podem inclusive perder suas partes aéreas, rebrotando durante o período chuvoso.

Na área com regeneração natural foi observado uma baixa diversidade de espécies, com o desenvolvimento de apenas 12 espécies vegetais.

O desenvolvimento das plantas acompanhadas se mostrou progressivo (Figura 7A-F), demonstrando que a área consegue se regenerar de forma natural. As espécies que mostraram um desenvolvimento mais significativos foram *Dimorphandra sp.* e indeterminada 3.

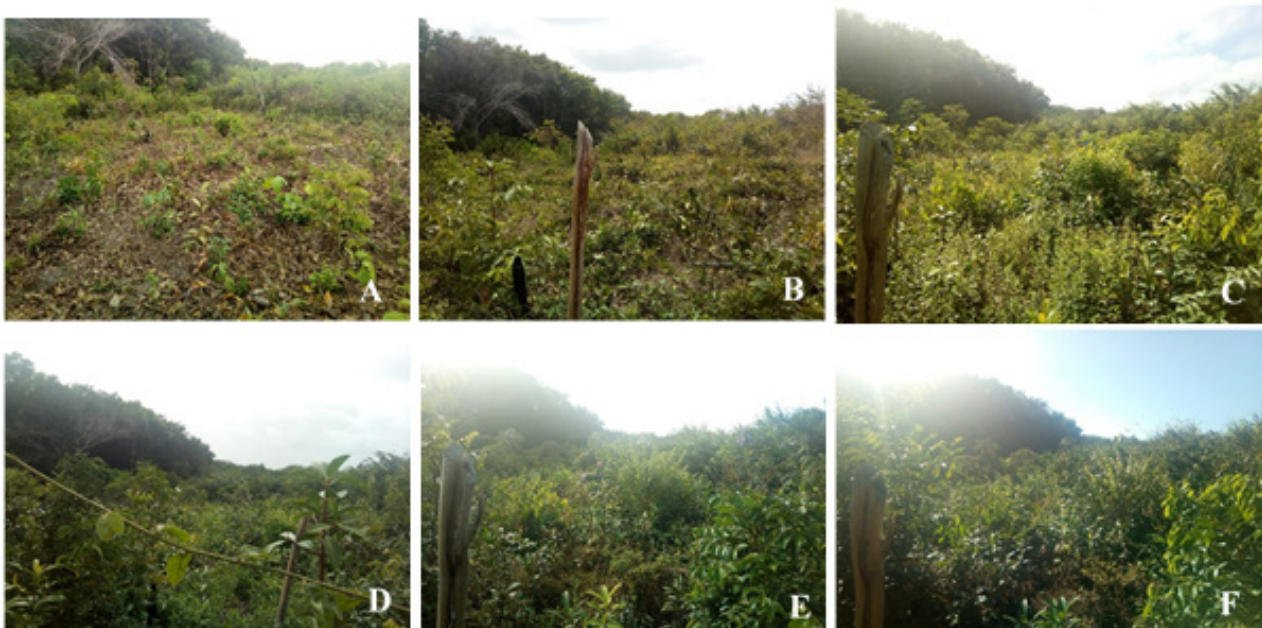


Figura 7 – Regeneração progressiva da área próxima a nascente no assentamento PA Morro Alto, povoado Olho D’água, Barreirinhas Maranhão. A – outubro/2018; B – dezembro/2018; C – março/2019; D – abril/2019; E – julho/2019 e F – agosto/2019.

Cavalheiro (2017) realizando um trabalho em Rondônia observou que as espécies frutíferas apresentam potencial para recuperação de áreas degradadas, e salienta a importância do uso desses grupos de espécies, uma vez que elas atraem agentes dispersores que possam auxiliar no avanço dos processos de sucessão na área a ser recuperada. Tendo em vista que as espécies sobreviventes na área de estudo possuem frutas atrativas, acabam aumentando a possibilidade de atrair dispersores.

Apesar de possuir plantas frutíferas, a área de estudo não demonstrou uma diversidade satisfatória. De acordo com os estudos de Almeida (2017), a serapilheira analisada por ele indicou que a regeneração natural, sem qualquer manejo na área impactada pelo fogo não é uma situação favorável para o aumento da diversidade das espécies florestais.

De acordo com as pesquisas de Silva (2017) realizadas em Minas Gerais, a área de estudo ainda está em estágio inicial de sucessão, pois a regeneração natural das florestas com um ano e seis meses e com cinco anos, mostram que estas duas últimas florestas estão em processo inicial de sucessão, diferentemente da floresta com doze anos, que já se encontra em estágio médio de sucessão de acordo com suas análises.

4. CONCLUSÃO

Quando comparada a área de referência que possui vegetação nativa, a área em que foram utilizadas mudas nativas para auxiliar na recuperação da área degradada se aproximou mais a diversidade da área de referência chegando a 76,3% de recuperação.

A maioria das espécies demonstrou dormência causada pelo tegumento impermeável, que foi quebrada através de escarificação mecânica, aumentando a taxa de germinação. A taxa de mortalidade das espécies *Parkia platycephala*, *Plathymenia reticulada*, *Matayba guianense* e *Tabebuia sp* foi baixa, isso as tornam apropriadas para o plantio em áreas semelhantes à do estudo realizado, dando base a um planejamento de PRAD (Plano de Recuperação de Áreas Degradadas), contribuindo para um trabalho mais eficaz e pontual.

Referência

AB'SÁBER, A. **Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2007.

ALMEIDA V.P. et.al - **Estudo do Banco de Sementes da Estação Ecológica de Ribeirão Preto (SP) como Subsídio para a Elaboração de Projeto de Restauração** - 11º SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RE-



CUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. Curitiba – PR – Brasil, 04 a 06 de abril de 2017

ALQUÉRES, H. **Nascentes do Brasil Estratégias para a proteção de cabeceiras em Bacias Hidrográficas**. Rua da Mooca, 1921 Mooca, São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2007.

ANDRADE, L. A. et al. **Análise da vegetação sucessional em campos abandonados no agreste paraibano** - Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 2, núm. 2, pp. 135-142 Pernambuco Brasil, junho de 2007.

ARAUJO, L. S. et. al. **Conservação da biodiversidade do Estado do Maranhão: cenário atual em dados geoespaciais**. Jaguariúna, São Paulo: Embrapa Meio Ambiente, 2016.

BARBOSA, A. O. S. **Recuperação E Conservação De Nascentes**: Implementando Ações Práticas E De Educação Ambiental Para Agricultores da Bacia Do Rio Turvo Sujo Em Coimbra/ Mg. Poços de Caldas, Minas Gerais: XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento, 2015.

BOAVENTURA, K. de J. **Recuperação de áreas degradadas no Brasil**: conceito, história e perspectivas - Tecnica, v.4, n.1 Goiás – Brasil 2019.

CARMO, A. B. **Efeito da fragmentação de habitat sobre a riqueza de espécie arbustivo – arbóreas do cerrado sensu stricto, no município de Uberlândia, Minas Gerais** – Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção de título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Uberlândia-MG, fevereiro de 2006.

CARVALHO, J. O. P. de. **Manejo de regeneração natural de espécies florestais** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Vinculada ao Ministério da Agricultura Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido – CPATU. Belém – PA, 1984.

CARVALHO, J.E.U.; NASCIMENTO, W.M.O.; MÜLLER, C.H. **Características físicas e de germinação de sementes de espécies frutíferas nativas da Amazônia**. Belém: Embrapa-CPATU, 1998a. 18p.

CAVALHEIRO, W. C. S. et al. **Avaliação do potencial de espécies nativas frutíferas para Recuperação de Áreas Degradadas**. Curitiba, Paraná: 11º Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, 04 a 06 de abril de 2017.

DALTRO, R. F. **Técnicas de nucleação como estratégia de recuperação e valoração ambiental de áreas degradadas situadas no Alto Rio São Lourenço, Campo Verde-MT**. Araraquaras, São Paulo: Revista Uniara, v.16, n.2, 2013.

DECRETO Nº 97.632, DE 10 DE ABRIL DE 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências.

DE OLIVEIRA, L. S. B. et al. **Fitossociologia da regeneração natural de uma Floresta Ombrófila densa em Moreno, Pernambuco, Brasil** - Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 8, núm. 1, pp. 119-124 - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco, Brasil 2013.

DUARTE F. V. et. al. **Projeto Olho D'água**: Preservação e Recuperação de Nascentes. Belo Horizonte: Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária, setembro de 2004.

FELLET, J. **Como raízes do Cerrado levam água a torneiras de todas as regiões do Brasil**. BBC – Brasil, 2017 - <http://www.bbc.com/portuguese/brasil>, acesso em: 28 de janeiro de 2018, às 10:32

FRANCO, A.A., RESENDE, A.S. de, CAMPELLO, E.F.C. **Importância das leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas agroflorestais**. In: Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, Mato Grosso do Sul, p. 1-24, 2003.

FREITAS¹ W. K. &, MAGALHÃES L. M. S. **Métodos e Parâmetros para Estudo da Vegetação com Ênfase no Estrato Arbóreo** - Floresta e Ambiente 19, out./dez. 2012

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. São Paulo: ESALQ/USP 467p, 1985

GOMES, W. B. **Diversidade funcional e riqueza de espécies lenhosas do Cerrado utilizadas na restauração ecológica no Distrito Federal** - Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Brasília, 2018.

GUILHERME, F.A.G. **Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e da re-**



geração natural de plantas lenhosas em mata de galeria - Brasília-DF. CERNE, vol. 6, núm. 1, pp. 60-67, Lavras Brasil 2000.

HIGA, A.R., HIGA, R.C.V. **Indicação de espécies para reflorestamento. In: Galvão, A.P. (org). Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais Brasília/Colombo: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Embrapa florestas 351p. 2000.**

LACERDA D. M. A. **Padrões fenológicos e atributos reprodutivos de espécies lenhosas do estado do Maranhão, Brasil.** Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Rede - Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017.

LAZZAROTTO, L. M. V. et al. **Comunidades arbóreas na sucessão ecológica secundária inicial em região de ecótono entre Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual - 70º Congresso Nacional de Botânica Sociedade Botânica do Brasil Universidade Federal de Alagoas, 1ºed. Maceió - AL, 2019.**

LEAL, A. S. et al. **A idade da planta importa? Capacidade de rebrote de leguminosas após a passagem do fogo no Cerrado - 70º Congresso Nacional de Botânica Sociedade Botânica do Brasil Universidade Federal de Alagoas, 1ºed. Maceió - AL, 2019.**

Lei Federal Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e da outras providências. O Vice - Presidente da República no exercício do cargo de Presidente da República. Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação.

LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012: NOVO CÓDIGO FLORESTAL; em vigor na data de sua publicação. Brasília, 25 de maio de 2012; 191º da Independência e 124º da República. DILMA ROUSSEFF, Mendes Ribeiro Filho, Márcio Pereira Zimmermann, Miriam Belchior, Marco Antonio Raupp, Izabella Mônica Vieira Teixeira, Gilberto José Spier Vargas, Aguinaldo Ribeiro, Luís Inácio Lucena Adams.

MARTINS, S.V. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados** 2º. ed. Viçosa, Minas Gerais: Editora UFV, 2015.

MMA, Ministério do Meio Ambiente, **Cerrado e pantanal: áreas e ações prioritárias para conservação da biodiversidade (Série Biodiversidade 17).** Brasília -DF: Ministério do meio ambiente, Secretaria de biodiversidade e florestas, 540 p., 2007.

MORI, E.S., **Sementes florestais: guia para germinação de 100 espécies nativas** 1. ed. São Paulo: Instituto Refloresta, 2012.

NASCIMENTO, I. L. et al., **Superação da dormência em sementes de faveira (*Pariakia platycephala Benth*).** Viçosa-MG: Revista Árvore, v.33, n.1, p.35-45, 2009.

NBR 13030 de Junho 1999, Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração, ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas - Rio de Janeiro - RJ.

NÓBREGA, M. G. G. et. Al., **Plantios de espécies nativas do Bioma Cerrado em áreas degradadas na Estação Ecológica de Águas Emendadas - Esecae, Distrito Federal: 11º Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Curitiba - PR 04 a 06 de abril de 2017.**

ORTIS, R. S. et al. **Gestão Ambiental e a Recuperação de Áreas Degradadas.** In IX Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2012.

PORTARIA NORMATIVA N. 302-P DE 9 DE NOVEMBRO DE 1988 (D.O.U. de 14/11/88) Dispõe sobre o registro no IBDF as pessoas físicas ou jurídicas que utilizem, explorem, comercializem, industrializem, sob qualquer forma, espécimes da flora e da fauna silvestre, seus produtos e subprodutos, conforme dispõe o Decreto-Lei n. 289, de 28 de fevereiro de 1967.

PROPODOLSKI, Lucinere et al. Frugivoria em espécies-alvo para restauração ecológica na transição CerradoAmazônia - **70º Congresso Nacional de Botânica Sociedade Botânica do Brasil Universidade Federal de Alagoas, 1ºed. Maceió - AL, 2019.**



RESOLUÇÃO CONAMA nº 12, de 4 de maio de 1994 Publicada no DOU no 149, de 5 de agosto de 1994, Seção 1, páginas 11824-11825 Correlações: · Em cumprimento ao art. 8º , § 1º da Resolução CONAMA no 10/93 Aprova o Glossário de Termos Técnicos elaborado pela Câmara Técnica Temporária para Assuntos da Mata Atlântica.

RODRIGUES, E. **Ecologia da Restauração** - Primeira ed. Londrina – PR: Editora Planta, 2013.

RODRIGUES, G. B. **Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado - Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.11, n.1, p.73-80, Campina Grande-PB 2007.

SANO, S.M., ALMEIDA, S.P. **Cerrado: ambiente e flora** . Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998.

SANTIAGO, D. S. et al. **Fitossociologia da regeneração natural de um fragmento urbano de Floresta Estacional Semidecidual (Juiz de Fora, MG)** - Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 9, núm. 1, , pp. 117-123 - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco, Brasil 2014.

SANTOS, H. M., SANTOS, G. A. **Superação de dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong**. Goiânia-GO: Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer vol.6, n.10, pag.1, 2010.

SANTOS, R. S. **Florística e Fitossociologia da vegetação lenhosa em área de Reserva Legal, Povoado Andiroba, Barreirinhas – MA**, Monografia - Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia Do Maranhão: Barreirinhas– MA, 2017.

SARTORI, R. A. **Guia prático para elaboração de projeto de recuperação de áreas degradadas (PRAD) em APP**. In Programa de Qualificação e Gestão Ambiental, Nota Técnica n. 01/2014, Rio de Janeiro, 2014.

SEMAS, **Governo do Estado do Maranhão, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais**, Boletim de Monitoramento de Queimadas no Estado do Maranhão - 10 a 16 de setembro de 2018 - São Luís-MA, 01 de Outubro de 2018.

SILVA K. de A. et.al; **Relações Ecológicas entre estratos de florestas em processo de Restauração após mineração de Bauxita** - 11º SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. Curitiba – PR – Brasil, 04 a 06 de abril de 2017

SILVA, I. A. et al. **Recuperação de áreas degradadas por mineração: uma revisão de métodos recomendados para garimpos**. Pesquisas em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil 2018.

SILVEIRA, F. A. M. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação** - Composição e Arte 253p, Belo Horizonte – MG 2002.

SOUZA L.M. et al. **Estudo da vegetação em processo de restauração há 20 anos às margens do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos – MG**. Foz Do Iguaçu – PR: 10º Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas e Seminário Internacional de Engenharia Natural, 15 a 19 de setembro de 2014.

SPADOTTO C. A. & MINGOTI R. **Recursos hídricos: Vulnerabilidade da água subterrânea no MATOPIBA**. Rio de Janeiro – RJ: AGROANALYSIS, vol. 37 nº. 1, janeiro 2017

TOKARNIA, M. **Berço das águas, Cerrado precisa de proteção para garantir abastecimento no país**, Agência Brasil. Brasília – DF, março de 2015.

Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/notici/2015-03/berco-das-aguas-cerrado-precisa-de-protecao-para-garantir-abastecimento-no>

VIEIRA D. C. M. & GANDOLFI S. **Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração** - Revista Brasil. Bot. V.29, n.4, p.541-554, out-dez 2006.

YARED, J. A. G. et al. **Comparação entre métodos de regeneração artificial com espécies valiosas para conversão de capoeiras em povoamentos madeireiros** - Centro de Pesquisa Agropecuária do trópico úmido (CPATU), nº 125, p 1 - 3, Belém-PA 1983.



WWF - BRASIL. **Nascentes do Brasil Estratégias para a Proteção de Cabeceiras em Bacias Hidrográficas**. São Paulo SP: imprensa oficial WWF, 2007.

ZAR, J. A. **Bioestatistical Analysis**. 3 ed. Prentice Hall International. Bioestatistical Analysis. 3 ed. New Jersey 1996.



CAPÍTULO 12

DINÂMICA DA ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO SOB DIFERENTES AGROSSISTEMAS NO CERRADO BAIANO

DYNAMICS OF MYCROBIAL SOIL ACTIVITY UNDER DIFFERENT
AGOSSYSTEMS IN THE CERRADO BAIANO

Vitória Oliveira Andrade

Inglid Laís Batista Cunha de Souza

Gabriel Amorim Luduvico

Thais dos Santos Rodrigues

Cristiane Nair Fabrício Nunes

Resumo

As formas de manejo do solo podem acarretar perdas e ganhos de carbono, o qual pode ser mensurado através do processo de respiração, proveniente da decomposição da matéria orgânica do solo por hidrólise microbiana. E este entendimento, pode fornecer informações importantes na escolha de um bom manejo e a conservação dos sistemas agrícolas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da atividade microbiana diurna em três tipos de agrossistemas, Mandioca (*Manihot esculenta Crantz*), Pinhão Manso (*Jatropha curcas L.*) e Mata nativa (*Stricto sensu*) em decorrência da variação climática associada a esses diferentes tipos de uso do solo. Ao comparar a área da mandioca com a mata nativa, no primeiro horário (6-7 horas), observou-se que a mandioca apresentou uma taxa de respiração 75,75% menor do que a mata nativa. Do contrário, no período de 10 a 11 horas o solo cultivado com mandioca apresentou uma taxa respiratória de 37,28% superior a mata nativa. Quando confrontado a Pinhão Manso com a área de Mata nativa consorciado ao Nim indiano, os valores correspondentes as taxas de emissão de CO₂ na área de Pinhão Manso que foram mais elevadas são: das 6-7 h; 8-9 h; 11-12 h e 14-15h; com os seguintes valores: 39,39%; 148,32%; 36,06% e 65,70% respectivamente.

Palavras chave: Agrossistemas, Carbono, MOS, Respiração Edáfica, Solo.

Abstract

The forms of soil management can lead to carbon losses and gains, which can be measured through the process of respiration, resulting from the decomposition of the soil's organic matter by microbial hydrolysis. In addition, this understanding can provide important information in choosing good management and conservation of agricultural systems. The objective of this work was to evaluate the behavior of daytime microbial activity in three types of agrosystems, Cassava (*Manihot esculenta Crantz*), Pinhão Manso (*Jatropha curcas L.*) and Native forest (*Stricto sensu*) due to the climatic variation associated with these different types of land use. When comparing the cassava area with the native forest, in the first hour (6-7 hours), it was observed that the cassava had a respiration rate 75.75% lower than the native forest. Otherwise, in the period of 10 to 11 hours, the soil cultivated with cassava showed a respiratory rate of 37.28% higher than native forest. When confronted with Pinhão Manso with the area of native forest intercropped with Indian Neem, the values corresponding to the CO₂ emission rates in the Pinhão Manso area that were higher are: from 6-7 am; 8-9 h; 11-12 h and 14-15 h; with the following values: 39.39%; 148.32%; 36.06% and 65.70% respectively.

Key-words: Agrosystems, Carbon, MOS, Edaphic Breathing, Soil.



1. INTRODUÇÃO

A perturbação causada pela ação humana em sistemas estáveis (solo + cobertura vegetal), tende a acarretar perdas maiores do que ganhos de carbono, ocasionando assim, a redução da qualidade do solo ao longo do tempo. Com isso, pode-se relacionar essas perdas com a liberação de carbono na forma de CO_2 do sistema solo para a atmosfera, através do processo de respiração, provenientes da decomposição da matéria orgânica do solo por hidrólise microbiana (ARAÚJO, 2009).

Neste sentido, de forma complementar, a respiração edáfica pode ser definida como a produção de CO_2 , ou consumo de O_2 , como decorrência de processos metabólicos de organismos vivos no solo e abrange dois processos gerais: redução de C pelo sistema solo e reciclagem de nutrientes (SILVA, 2010). Desta forma, a respiração edáfica pode ser utilizada para registrar mudanças na dinâmica do carbono do solo em áreas que sofreram desmatamento para implantação de culturas (SOUTO et al., 2009).

Segundo Grisi (1976) os componentes bióticos do ecossistema são responsáveis por grande parte da respiração total do solo e que, quando em condições favoráveis de temperatura e umidade, seus valores tendem a se elevar, podendo ser possível que tais condições não sejam favoráveis durante o dia. Ou ainda, as condições ecológicas características de solo e clima da região levariam os microrganismos a tal comportamento. Dessa maneira, faz-se necessário esclarecer melhor essa particularidade relacionada à elevação e diminuição da atividade microbiana no solo.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento da atividade microbiana diurna em três tipos de agrossistemas: Mandioca, Pinhão Manso e Mata nativa em decorrência da variação climática associada a esses diferentes tipos de uso do solo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Matéria Orgânica do Solo (MOS)

A qualidade e a quantidade da matéria orgânica no solo (MOS) são um fator determinante para os atributos edáficos, já que a mesma influência nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A matéria orgânica adicionada ao solo tem a planta como componente ativo no seu principal processo, desse modo, o estoque de MOS é consequência dos processos de perda e adição de material orgânico (ALMEIDA & SANCHES, 2014).



A "respiração microbiana do solo" ou emissão de CO_2 está intimamente relacionada a qualidade e ao teor de MOS e, como consequência, a própria diversidade biológica estará refletindo, a qualidade da matéria orgânica do solo (MAIA & PARRON, 2015). O solo em suas condições naturais possui um conteúdo de carbono orgânico estabilizado, que representa as condições ambientais estabelecidas pelo clima, vegetação, topografia e por características do próprio solo. No entanto, as formas de uso e manejo do solo também são relevantes, particularmente, quando os ecossistemas nativos são transformados em áreas agrícolas (BALIM et al., 2017).

2.2 Emissão de CO_2 e Agrossistemas

A contribuição do dióxido de carbono atmosférico para o aquecimento global tem aumentado o interesse pelo carbono orgânico do solo, por ser um dos principais compartimentos do ciclo terrestre deste elemento (BALDOTTO et al., 2015). A entrada e saída de carbono, em sistemas agrícolas, é influenciada pelo preparo do solo, espécies utilizadas, rotações de cultura, adubação e, principalmente, pelo manejo dos resíduos das culturas (COSER et al., 2016).

O fluxo de carbono (C) no solo é viabilizado pela relação entre as adições de C fotossintetizado pela parte aérea e raízes das plantas e as saídas de C para a atmosfera através da oxidação microbiana do C orgânico à CO_2 (COSTA et al., 2008). Segundo D'andréa (2010), o dióxido de carbono (CO_2) é produzido próximo a superfície do solo, através da atividade microbiana, por meio da decomposição aeróbica da matéria orgânica e pela respiração do sistema radicular das plantas.

Alguns dos fatores que influenciam a saída e a entrada de CO_2 do solo, bem como a sua intensidade e frequência, são a temperatura e a umidade (VINCENT et al., 2006), e também, a textura do solo (CARBONELL-BOJOLLO et al., 2012; BALL, 2013; FÓTI et al., 2016).

3. METODOLOGIA

O experimento foi executado no mês de agosto de 2019, na área experimental da Universidade do Estado da Bahia- Campus IX, município de Barreiras- BA, cujas coordenadas geográficas ($44^\circ 59' 33''$ W e $12^\circ 8' 54''$ S), com altitude de 454 m. O clima predominante na região é o Clima tropical com estação seca, baseado na Classificação climática Köppen- Geiger: Aw. O solo, sendo classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico e o bioma Cerrado. A natureza da pesquisa é quantitativa do tipo experimental exploratória.

A quantificação da liberação de CO_2 foi realizada de acordo com a metodologia de Grisi (1978), de hora em hora, por um período de 12 horas (6:00 – 18:00), e



consiste na absorção do CO₂ liberado pelo solo, através da solução de KOH 0,5 N. Para as análises, em triplicatas, foram colocados 10ml da solução alcalina em potes de 500 ml, em um sistema campânula, contendo um balde de capacidade de 29 L juntamente com um pote controle, nas mesmas condições, hermeticamente fechado. Após uma hora, foram titulados com HCl 0,1 N padronizado utilizando dois indicadores, a fenolftaleína à 1% e o alaranjado de metila a 1% para a primeira e segunda viragem respectivamente. A massa de CO₂ desprendido por unidade da área e tempo (mg. m⁻². h⁻¹) foi calculada segundo Grisi (1978), como visto na equação 1.

$$CO_2 \text{ (mg. m}^{-2}\text{.h}^{-1}\text{)} = \frac{(VA-VB) N_{HCl} \cdot Eq_{CO_2} \times 10^4 \times 4}{A \times T \times 3} \quad (1)$$

Em que VB representa a \neq do volume do ácido clorídrico gasto na titulação do branco com os dois indicadores. VA \neq dos volumes do ácido clorídrico gasto na titulação da amostra com os dois indicadores; NHCl é a normalidade real do ácido clorídrico (0,1 N); Eq CO₂ é o número equivalente grama de CO₂ (22); 10⁴ é a transformação da área para m²; A é a área da campânula; T é o tempo de coleta em horas. 4/3 é o fator que corrige o valor do efluxo de CO₂ no solo que pelo método químico é subestimado em 25%.

Para o estudo da influência de temperatura e umidade sob a atividade microbiana nos solos, foram coletados dados climáticos no site oficial do Instituto Nacional de Meteorologia (IMNET).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na medição da atividade microbiana, de hora em hora, por um período de 12 horas em cada um dos agrossistemas (figura 1), nota-se que os valores mais elevados na mandioca, pinhão manso e mata nativa foram observados às 10 horas, 6 horas e 17 horas, respectivamente.

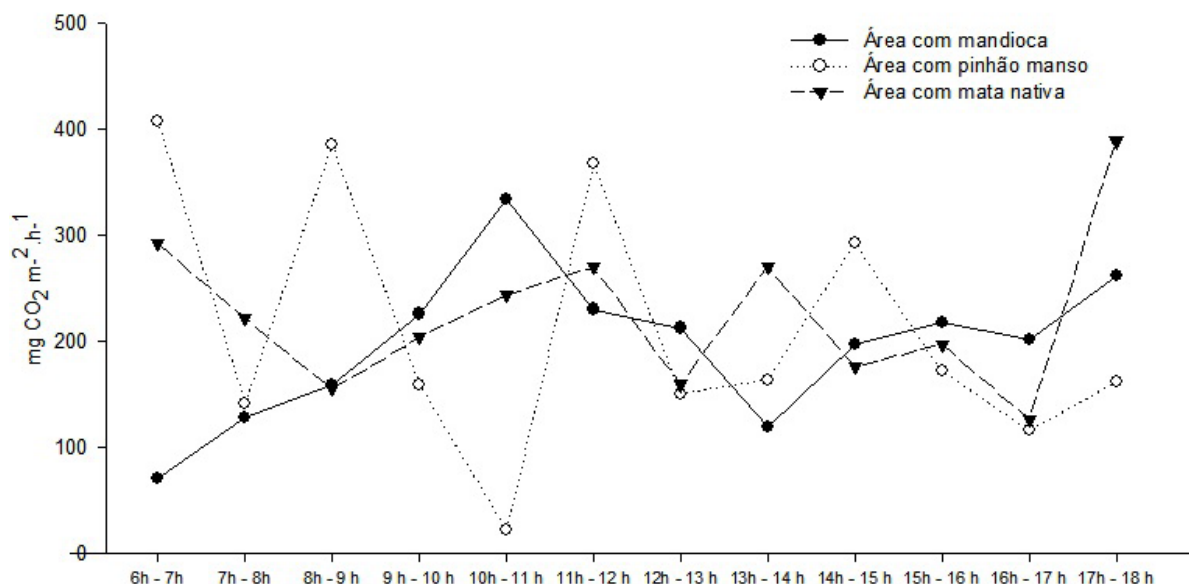


Figura 1: Variação diurna da respiração edáfica do solo nos diferentes agrossistemas estudados
Fonte: Própria (2019)

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é considerada a cultura com a mais alta produtividade de calorías e de maior eficiência biológica. Devido à necessidade de capinas e movimento do solo durante os estádios de desenvolvimento, pode deixar o solo descoberto e desprotegido, ocasionando a passagem de muita radiação solar (FERREIRA et al., 2015). Neste sentido, é importante ressaltar que a temperatura corresponde a um dos fatores que tende a influenciar na biótica do solo, alterando tanto a sua população, quanto as suas atividades.

Com isso, ao comparar a área da mandioca com a mata nativa (*Stricto sensu*), no primeiro horário (6-7 horas), observou-se que a mandioca apresentou uma taxa de respiração 75,75% menor do que a mata nativa. A umidade e temperatura média do ar nesse horário eram iguais a 44 a 46% e 24,7 a 22,9 °C respectivamente.

Do contrário, no período de 10 a 11 horas o solo cultivado com mandioca apresentou uma taxa respiratória de 37,28% superior a mata nativa, com umidade de 53 a 51% e temperatura ambiente máxima de 20,9 a 21,9° C. Ao final da tarde, das 16-17 h, a taxa respiratória na área com mandioca se elevou em 60% de emissão de CO₂ relacionada com a mata nativa. Essa elevação de emissão de C se dá por meio da temperatura que pode ser expressada devido ao ponto ótimo que os microrganismos estão ativos, assim, a partir deste ponto os mesmos podem desnaturar e com isso, diminuir sua atividade.

Em relação ao Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.), o mesmo apresenta semelhança com os sistemas naturais, podendo representar uma combinação ideal no favorecimento da biota do solo, disponibilizando matéria orgânica e refúgio aos microrganismos, já que não há interferência do manejo intensivo (AGOSTINHO, 2017). Segundo Chagas (2008), o mesmo possui uma alta eficiência para a estocagem de carbono no solo. Porém, por estar consorciado com o Nim indiano que possui um princípio ativo chamado Azadiractina, extraído da sua parte aérea e ten-

do capacidade antimicrobiana e inseticida, o pinhão manso pode apresentar uma diminuição acentuada na atividade microbiana.

Neste sentido, quando confrontado a Pinhão Manso com a área de Mata nativa consorciado ao Nim indiano, os valores correspondentes as taxas de emissão de CO₂ na área de Pinhão Manso que foram mais elevadas são: das 6-7 h; 8-9 h; 11-12 h e 14-15h; com os seguintes valores: 39,39%; 148,32%; 36,06% e 65,70%, respectivamente. Dessa forma, nota-se que a área da mata nativa se manteve estabilizada em relação ao seu conteúdo de carbono orgânico, cujo a sua constância associa-se às condições ambientais do próprio solo, já que o mesmo não sofreu nenhum tipo de perturbação antrópica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, analisando as medições de hora em hora por um período de 12 horas, os diferentes tipos de sistemas de manejo trazem consigo diferentes condições ambientais, preparo do solo, manejo de resíduos, espécies utilizadas, dentre outros aspectos que favorecem a biota edáfica do solo, a qual irá influenciar na liberação de C na forma de CO₂ do solo para a atmosfera pelo processo de respiração.

Referências

- AGOSTINHO, P. R. **Indicadores biológicos de qualidade de solo em sistemas agroflorestais biodiversos para fins de recuperação de áreas degradadas**. Embrapa Agropecuária Oeste-Tese/dissertação (ALICE), 2017.
- ALMEIDA, R. F.; SANCHES, B. C. Disponibilidade de carbono orgânico dos solos no cerrado brasileiro. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Candido Rondon, v.13, n. 4, p. 259-264, 2014.
- ARAÚJO, Kallianna Dantas et al. Liberação de dióxido de carbono (CO₂) em área de caatinga no semiárido no Paraíba. **Geoambiente Online**, n. 12, p. 01-12 pág., 2009.
- BALL, B. C. Soil structure and greenhouse gas emissions: A synthesis of 20 years of experimentation. **European Journal of Soil Science**, West Sussex, v. 64, n. 3, p. 357-373, 2013.
- BALDOTTO, M. A. Et al. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. **Ceres**, Viçosa, v.62, n. 3, p.301-309, 2015.
- BALIN, N. M. et al. Frações da matéria orgânica, índice de manejo do carbono e atributos físicos de um Latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Scientia Agraria**, Curitiba, PR, v.18, n.3, p. 85-94, 2017.
- CARBONELL-BOJOLLO, R. M.; REPULLO-RUIBÉRRIZ, T. M. A.; RODRÍGUEZLIZANA, A.; ORDÓÑEZ-FERNÁNDEZ, R. Influence of soil and climate conditions on CO₂ emissions from agricultural Soils. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 223, n. 6, p. 3425-3435, 2012.
- CHAGAS, P. D. Esperança Nacional. **Revista do Biodiselbr**, Curitiba, v. 1, p. 24-34, 2008.
- COSER, T. R. et al. Propriedades microbiológicas do solo e disponibilidade de nitrogênio para milho em monocultura e em consórcio com forrageiras. **Pesq. Agropecuária. Bras. Brasília**, v.51, n.9, p.1660-1667,2016.



COSTA, F. D. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.323-332, 2008.

D'ANDREA, Alexandre Fonseca et al. Variações de curto prazo no fluxo e variabilidade espacial do CO₂ do solo em floresta nativa. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 62, p. 85, 2010.

FERREIRA, Evander Alves et al. Atividade microbiana de solos cultivados com mandioca em sistema de policultivo. **MAGISTRA**, v.27, n.3/4, p.395-400, 2017.

FÓTI, S.; BALOGH, J.; HERBST, M.; PAPP, M.; KONCZ, P.; BARTHA, S.; et al. Metaanalysis of field scale spatial variability of grassland soil CO₂ efflux: Interaction of biotic and abiotic drivers. **Catena**, Amsterdam, v.143, p.78-89, 2016.

GRISI, Breno Machado. Biodinâmica de solo cultivado com cacauzeiros sombreados e ao sol. **Ver. Theobr**, v. 6, p. 87-99, 1976.

GRISI, B. M. Metodo quimico de medicao da respiracao edafica; alguns aspectos tecnicos. **Ciência e Cultura**, 1978.

MAIA, C. M. B. F; PARRON, L. M. **Matéria orgânica como indicador da qualidade do solo e da prestação de serviços ambientais**. EMBRAPA, DF, 2015.

MARTINS, Lima Deleon et al. Efeito do corretivo escória de siderurgia e diferentes adubações no teor nutricional de folha de mamona e pinhão-manso. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, p. 135-145, 2009.

SANTOS, Adriana Avelino. **Implantação do pinhão-manso em solo degradado inoculado e acrescido de macrófita, cinza e hidrogel**. Ilha Solteira: UNESP, f.75, 2013.

SOUTO, Patrícia Carneiro et al. CINÉTICA DA RESPIRAÇÃO EDÁFICA EM DOIS AMBIENTES DISTINTOS NO SEMI-ÁRIDO DA PARAIBA, BRASIL. **Revista Caatinga**, v. 22, n.3, p. 52-58, 2009.

VALENTINI, Carla Maria Abido; DE ABREU, Joadil Gonçalves; DE FARIA, Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes. Respiração do solo como bioindicador em áreas degradadas. **Revista Internacional de Ciências**, v. 5, n. 2, p. 127-142, 2015.

VINCENT, G.; SHAHRIARI, A. R.; LUCOT, E.; BADOT, P. M.; EPRON, D. Spatial and seasonal variations in soil respiration in a temperate deciduous forest with fluctuating water table. **Soil Biology and Biochemistry**, 38, 2527-2535, 2006.



CAPÍTULO 13

PEÇAS POROSAS DE ZnO OBTIDAS A PARTIR DE FASE DE SACRIFÍCIO APLICADAS A PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA DESPOLUIÇÃO

POROUS ZnO PIECES OBTAINED THROUGH SACRIFICE PHASE
APPLIED TO ADVANCED OXIDATIVE PROCESSES FOR WATER
DEPOLLUTION

Maisa Helena Mancini

Lucca Monteiro Silva Semensato

Luis Fernando Baldo Estorari

Sylma Carvalho Maestrelli

Resumo

Partículas semicondutoras apresentam um enorme potencial de aplicação voltado à degradação de corantes para despoluição de águas, através de Processos Oxidativos Avançados (POAs), os quais ocorrem a partir da ativação do band-gap através da incidência de energia (radiação). Muitos estudos têm mostrado um enorme potencial de aplicação de semicondutores à base de ZnO na fotocatalise; entretanto, na maioria desses estudos trabalha-se com material na forma de pó e não com peças sólidas, o que causaria a remoção das partículas de ZnO do leito após o tratamento e a perda do semicondutor. Esta pesquisa envolveu a produção de pastilhas de óxido de zinco com adição de fase de sacrifício polimérica, a fim de obter uma peça com elevada porosidade após queima. Pastilhas de ZnO foram obtidas a partir de prensagem uniaxial a 671,82 e a 1023,31 kgf/cm², utilizando-se 59% de ZnO, 25% de PET (granulometria média de 1,18 mm), 8% de Carboximetilcelulose (CMC) e 8% de água em peso. Após caracterização a verde, o material foi queimado a 800, 850 e 900°C durante 2 horas para cada temperatura. As variações de pressão e temperatura utilizadas nas conformações das peças não causaram diferenças físicas significativas nas amostras. Ao analisar o potencial fotocatalítico, as amostras prensadas a 671,82 kgf/cm² e queimadas a 850°C apresentaram os melhores resultados, com degradação média de 38,2%. A técnica da adição de fase de sacrifício mostrou-se promissora na obtenção de peças porosas; todavia maiores estudos relacionados à queima são necessários para melhoria das propriedades fotocatalíticas das peças.

Palavras chave: Semicondutores, Óxido de Zinco, Fotocatálise, Corantes, Porosidade.

Abstract

Semiconductor particles have a huge application potential aimed at the degradation of dyes for water decontamination, through Advanced Oxidative Processes (POAs), which occur from the activation of the bandgap through the incidence of energy (radiation). Many studies have shown an enormous potential for the application of ZnO-based semiconductors in photocatalysis; however, in most of these studies, the material is used in the form of powder and not solid parts, which would cause the removal of ZnO particles from the effluent after treatment, resulting in the loss of the semiconductor. This research aimed the production of zinc oxide tablets with addition of polymeric sacrifice phase, in order to obtain a piece with high porosity after sintering. ZnO pellets were obtained from uniaxial pressing at 671.82 and 1023.31 kgf / cm², using 59% ZnO, 25% PET (average particle size of 1.18 mm), 8% Carboxymethylcellulose (CMC) and 8% water. After green characterization, the material was sintered at 800, 850 and 900°C for 2 hours for each temperature. The pressure and temperature variations used in the conformations of the pellets did not cause significant physical differences in the samples. Analyzing the photocatalytic potential, samples pressed at 671.82 kgf / cm² and burned at 850°C presented the best results, with an average degradation of 38.2%. The sacrifice phase addition technique proved to be promising in obtaining porous pellets; however, further studies related to burning are necessary to improve the photocatalytic properties of the samples.

Keywords: Semiconductors, Zinc Oxide, Photocatalysis, Dyes, Porosity.



1. INTRODUÇÃO

Todos os anos, indústrias produzem toneladas de efluentes líquidos, geralmente contaminados por corantes, cuja presença, em pequenas quantidades gera grandes problemas ambientais, interferindo em todo ecossistema local. A remoção destes é um dos maiores problemas enfrentados pelos ambientalistas, pois apresentam uma cinética de degradação muito lenta para processos biológicos convencionais, resultando em efluentes finais com coloração ainda muito intensa (KUNS, et al., 2002). Além disso, acabam afetando a solubilidade de gases nos corpos receptores, reduzindo também a capacidade de regeneração dos corpos hídricos em função da redução da penetração de luz solar e consequente alteração dos processos de fotossíntese (VASQUES, 2008).

Deste modo, a utilização de semicondutores na degradação de corantes através de Processos Oxidativos Avançados (POAs) torna-se uma alternativa aos tratamentos de efluentes convencionais.

Dentre os principais semicondutores existentes destaca-se o óxido de zinco (ZnO) por apresentar um *bandgap* médio e características que o tornam bastante atraente para utilização em fotocatalise. Autores têm trabalhado com o ZnO como agente fotocatalisador no processo de degradação, e os resultados mostraram-se promissores (STORION, 2018; FALEIROS, 2016; DIAS, 2015). Entretanto, na maioria destes estudos, o óxido encontrava-se na forma particulada; ou seja, na forma de pó, de difícil recuperação para tratamentos de leitos contaminados. Para contornar tal situação e obter um produto que seja possível recuperar e reutilizar após o tratamento, técnicas vêm sendo estudadas para se obter peças porosas de ZnO visando o tratamento fotocatalítico de corantes, destacando-se a técnica de adição de fase de sacrifício (SEMENSATO et al. 2018; FARIA et al. 2018).

A adição da fase de sacrifício é uma técnica utilizada a fim de se obter peças cerâmicas porosas a partir da incorporação de materiais orgânicos aos compostos utilizados na fabricação das peças. O pó cerâmico é misturado com o material da fase de sacrifício da forma mais homogênea possível (para que os poros, após queima, fiquem bem distribuídos); em seguida, essa mistura passa pelas fases de conformação e queima (FARIA, 2019). Durante a queima, a parte orgânica é eliminada, deixando espaços vazios/poros na peça (SEMENSATO et al. 2018).

Faria (2019) estudou a aplicação de diversos materiais orgânicos como formador de poros (material de sacrifício), dentre os quais a palha de eucalipto, sementes de mostarda, semente de chia, entre outros. Segundo o autor, a escolha do material de sacrifício deve considerar diversos fatores, desde a granulometria até a qualidade do processo de homogeneização. Além disso, a quantidade utilizada de fase de sacrifício também pode afetar a distribuição dos poros na peça, comprometendo a integridade física e as propriedades mecânicas da mesma.



Deste modo, este trabalho teve como objetivo produzir peças íntegras e porosas de ZnO através da técnica de adição de fase de sacrifício, com a finalidade de caracterizá-las quanto à sua porosidade e seu potencial oxidativo, visando a obtenção de um elevado índice de porosidade e eficiência de fotodegradação, a ser utilizada para a despoluição de águas.

2. METODOLOGIA

2.1 Obtenção das peças porosas de ZnO

O material de sacrifício (PET) foi preparado através de peneiramento mecânico utilizando peneiras com abertura de 1,18mm. Em seguida, realizou-se a mistura do ZnO e do polímero (PET), nas proporções de 59% em peso de ZnO e 25% em peso de PET. Também foi adicionado 8% de Carboximetilcelulose (CMC) e 8% de água para dar liga à mistura, que foi colocada em moinho para jarros MA 500 por 30 minutos para homogeneização. Após 3 peneirações da mistura, esta foi colocada em um saco plástico, sendo o mesmo mantido fechado por 24 horas para melhor homogeneização da massa.

Utilizando-se de uma prensa uniaxial MPH-10 e um molde cilíndrico de aço tratado, com $60,05 \pm 0,01$ mm (diâmetro externo) e $20,04 \pm 0,01$ mm (diâmetro interno), foi realizada a compactação de dois lotes distintos; para o primeiro lote foi aplicada uma carga de 635 kgf.cm^{-2} e para o segundo, uma carga de 955 kgf.cm^{-2} . Obtidas as peças conformadas, foram aferidas as dimensões (diâmetro e espessura) e a massa do corpo a verde, utilizando-se paquímetro e balança analítica.

Após a conformação das peças, estas foram queimadas a 800, 850 e 900°C durante 2 horas, com taxa de aquecimento de 1°C/min em um forno tipo mufla (EDG 7000 - 10P). Terminada a queima, foram aferidas as dimensões e as massas das peças, para determinação da densidade pós queima. Primeiramente pesou-se a peça seca, e, após deixá-la 24h imersa em água, aferiu-se a massa úmida e imersa de acordo com a norma ABNT NBR 9778/1987.

2.2 Determinação de potencial fotocatalítico

A determinação do potencial fotocatalítico foi feita utilizando Espectrometria de Absorção no UV-Vis, visando quantificar a degradação do corante Rodamina B em presença das peças de ZnO preparadas anteriormente, sob incidência de radiação UV (DIAS, 2015; STORION, 2018).

No reator fotocatalítico, os ensaios tiveram os quinze minutos iniciais no escu-



ro para definição do ponto inicial, e posteriores cento e vinte minutos sob incidência de luz UV-C. Foram coletados pontos a cada quinze minutos durante a primeira hora, e, até completar o tempo total de análise, a cada trinta minutos. A cada intervalo, interrompeu-se a incidência de luz e foram coletados 3mL de cada solução, que foram transferidos para dois microtubos tipo eppendorf e centrifugados a 10000 rpm por quatro minutos.

A solução foi então encaminhada para análise espectrofotométrica, na qual a varredura era efetuada nos comprimentos de onda de 400 a 800 nm. O valor total de degradação (DT) para cada amostra foi calculado utilizando a equação 1 abaixo, onde A é a absorbância inicial da solução de Rodamina B, e C é a absorbância no final do ensaio (após 120 minutos) (FARIA et al., 2018).

$$DT(\%) = \left(1 - \frac{C}{C_0}\right) \times 100 \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do ZnO precursor

Através de análise por DRX (Figura 1) realizada previamente por outra pesquisadora do grupo (STORION, 2018), foi possível verificar que o ZnO precursor apresentava estrutura cristalina hexagonal, corresponde ao mineral Zincita (Ficha PDF # 2003-6-1451 – JCPDSICDD).

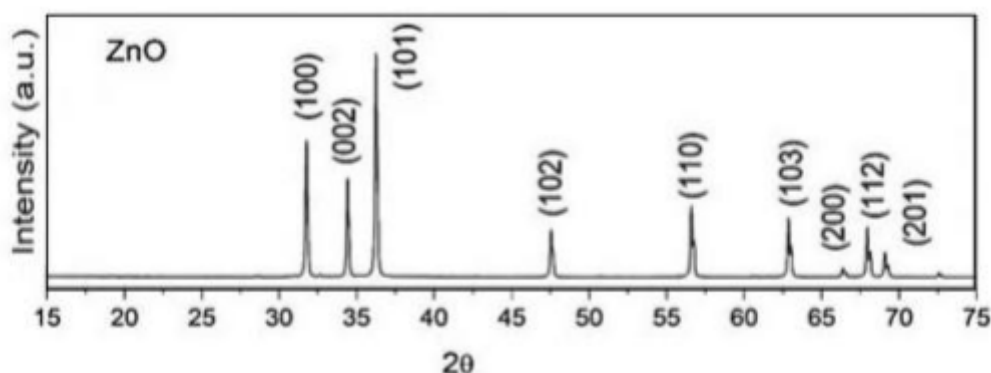


Figura 1 – Difratograma do ZnO precursor
Fonte: Adaptado de STORION (2018).

3.2 Caracterização das peças obtidas

A tabela 1 indica os valores de densidade a verde médio após a preparação dos materiais precursores e das prensagens à 671,82 e 1023,31 kgf/cm². Nota-se que, mesmo com o aumento da carga, as densidades observadas ainda foram muito próximas estatisticamente, ainda que as amostras compactadas com maior força

apresentem ligeiro aumento na densidade a verde.

Pressão de compactação (kgf/cm ²)	D_V (g/cm ³)
671,82	1,78 ± 0,06
1023,31	1,84 ± 0,03

Tabela 1 – Densidade a verde das amostras após prensagem à 671,82 e 1023,31 kgf/cm²
Fonte: Autores (2019)

A Figura 2 mostra as amostras contendo a fase de sacrifício após prensagem uniaxial a 671,82 kgf/cm². Percebe-se distribuição homogênea da fase de sacrifício nas mesmas. Na Figura 3 estão apresentadas algumas amostras após a queima a 800°C, onde observa-se a saída do material de sacrifício e a formação subsequente dos poros.



Figura 2 – Amostras após prensagem uniaxial a 671,82 kgf/cm²
Fonte: Autores (2019)

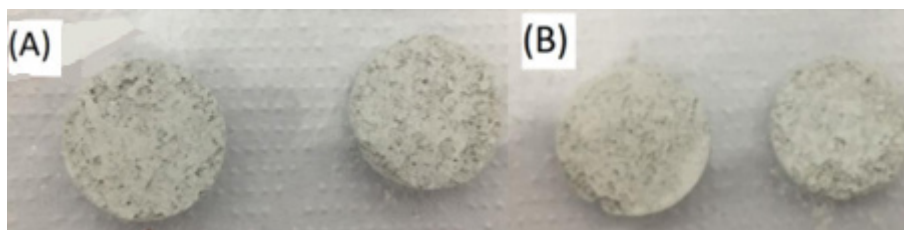


Figura 3 – Amostras queimadas a 800°C (prensadas a (A) 671,82 kgf/cm² e (B) 1023,31 kgf/cm²)
Fonte: Autores (2019)

A Figura 4 indica a porosidade aparente das amostras em função das temperaturas de queima investigadas (800, 850 e 900°C) e a variação da porosidade em função da pressão de compactação utilizada. Nota-se que a prensagem pouco impactou os valores de porosidade aparente para uma mesma temperatura de sinterização, o que se deve, provavelmente à pequena diferença de compactação. No que concerne a variação da porosidade em função da pressão, observa-se que, em termos de porosidade, os valores para as amostras sinterizadas a 800 e 850°C assemelham-se, enquanto que as amostras sinterizadas a 900°C apresentam uma diminuição na porosidade devido à maior energia oriunda da temperatura, a qual favorece o maior fechamento de poros. Assim, os melhores resultados, em termos de porosidade aparente foram aqueles obtidos através das amostras sinterizadas a 800 e 850°C; sendo assim os ensaios de fotocatalise foram realizados para essas

duas temperaturas de queima.

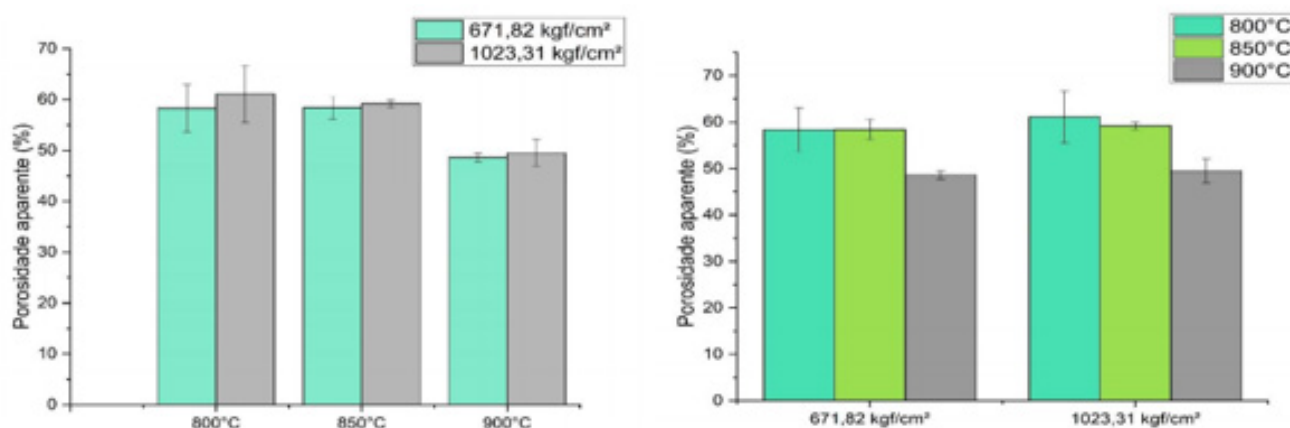


Figura 4 – Porosidade aparente das amostras após sinterização em diferentes temperaturas e pressões de compactação.

Fonte: Autores (2019)

Na figura 5 é possível verificar a influência da temperatura e da pressão aplicada na retração diametral das amostras. É possível observar discrepância nas medidas, uma vez que as barras de erro são muito grandes em relação à média obtida, o que dificulta a interpretação dos resultados. Tal fato ocorre pois as amostras são muito porosas, de modo com que a determinação do diâmetro fica comprometida e, por conseguinte, a interpretação dos resultados em termos comparativos.

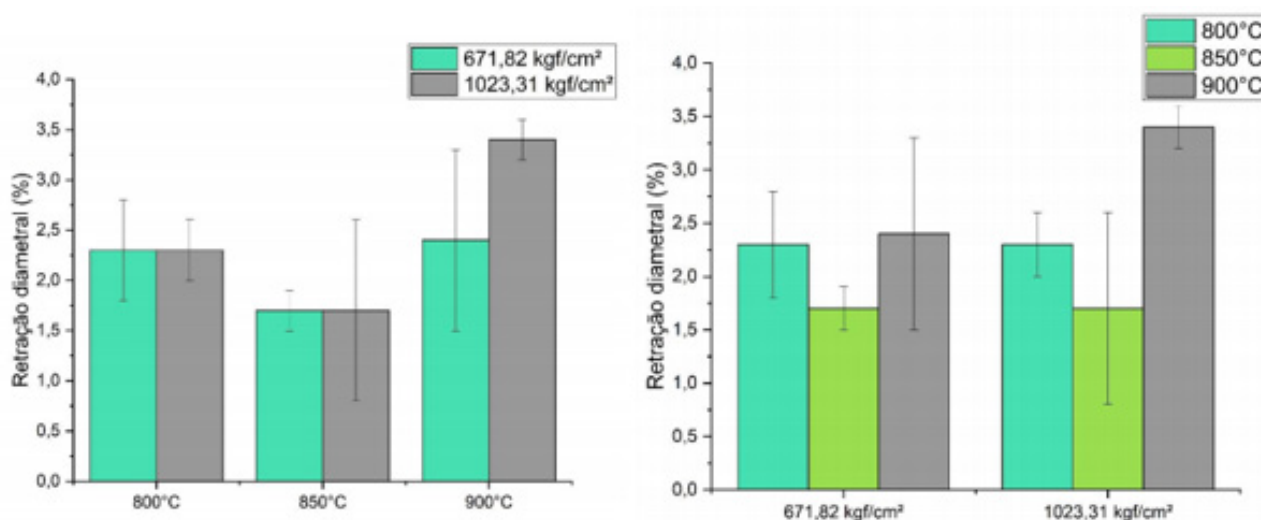


Figura 5 – Influência da carga aplicada durante a prensagem e da temperatura de sinterização na retração diametral das amostras

Fonte: Autores (2019)

A influência da temperatura e da carga aplicada na densidade aparente das amostras estão representadas na Figura 6 abaixo. As amostras apresentaram, novamente, valores muito semelhantes em termos de densidade aparente, havendo uma tendência ao aumento de densidade para amostras que sofreram maior grau de compactação a verde.

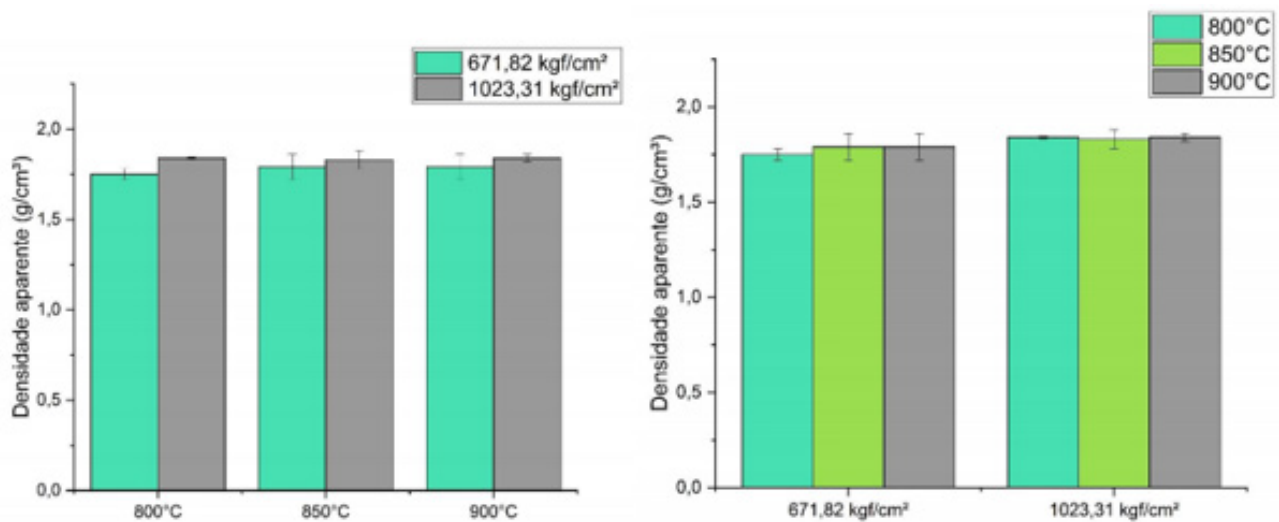


Figura 6 – Influência da temperatura de sinterização e da carga aplicada durante o processo de prensagem na densidade aparente das amostras
 Fonte: Autores (2019)

4.3 Ensaios fotocatalíticos

A Figura 7 apresenta as amostras com solução de RhB no reator fotocatalítico e a Figura 8 apresenta as curvas de degradação do corante RhB para cada amostra após os ensaios fotocatalíticos.



Figura 7 – Amostras com solução de 5mg.L-1 de RhB no reator fotocatalítico
 Fonte: Autores (2019)

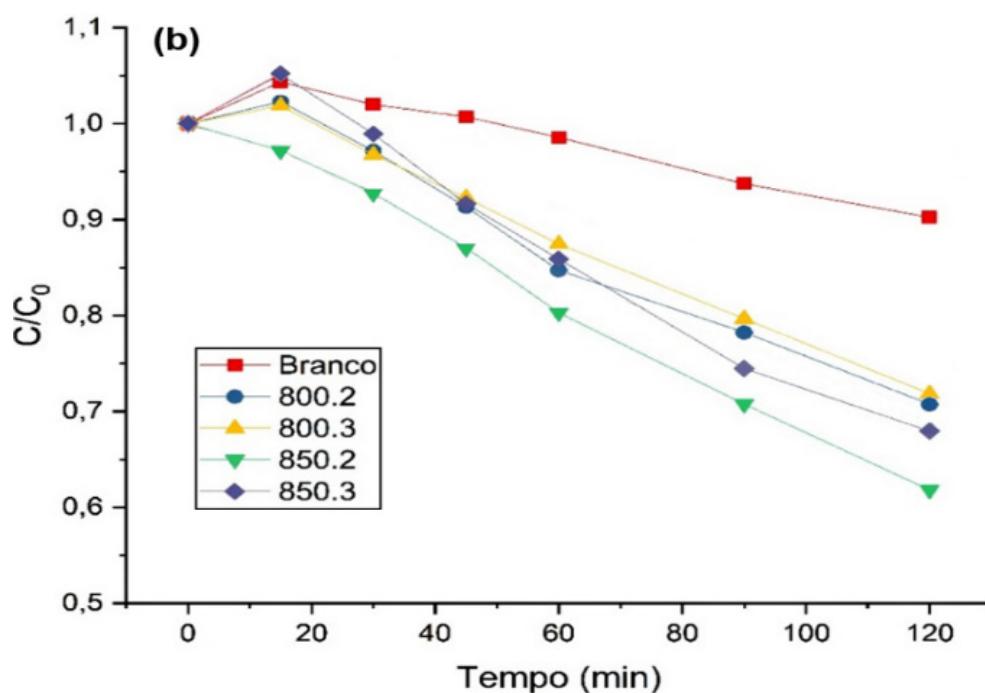


Figura 8 – Curvas de fotodegradação das peças porosas de ZnO.
Fonte: Autores (2019)

Não houve uma grande variação entre os valores de degradação observados nas soluções que continham o fotocatalisador, com exceção das amostras 850.2 (queimada a 850°C/2h), que obtiveram melhores resultados. Uma vez que as peças obtidas apresentaram elevada porosidade, alguns fatores podem ter comprometido a fotocatalise, como o crescimento de grãos, diminuindo área superficial exposta do ZnO e a possível existência de material contaminante oriundo da utilização de polímero como material de sacrifício nas amostras, o que comprometeria os resultados de fotocatalise.

Na Figura 9 estão representados graficamente os valores totais médios de degradação alcançados por cada amostra. A degradação obtida por fotólise (branco) é condizente com os valores encontrados na literatura (STORION, 2018; FALEIROS, 2016; SEMENSATO et al., 2018; FARIA et al., 2018).

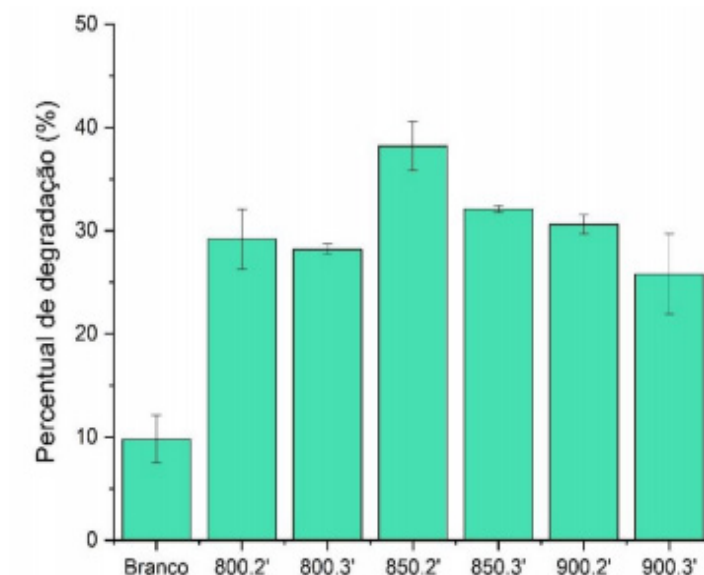


Figura 9 – Percentual de degradação das peças porosas de ZnO e da amostra sem catalisador
 Fonte: Autores (2019)

5. CONCLUSÕES

A partir das análises dos resultados pode-se perceber que as variações dos valores de pressão na prensagem, para uma mesma temperatura de queima, não alteraram a porosidade do material de forma significativa, devido à pequena variação de compactação.

Em relação à variação de temperatura de sinterização, 800° e 850°C apresentaram valores de porosidade semelhantes, enquanto 900°C apresentou uma diminuição desses valores que pode ser explicado devido à maior energia fornecida da temperatura ocasionando maior fechamento de poros. Analisando a influência dessas duas variáveis em relação à densidade das amostras, percebe-se que não ocorreu grande variação novamente, porém houve uma tendência ao aumento da densidade proporcional ao aumento do grau de compactação a verde.

Concluiu-se que os níveis de degradação do corante não se mostraram elevados apesar da alta porosidade, o que pode estar relacionado ao crescimento de grãos durante a queima, e possível existência de material contaminante remanescente, oriundo da utilização do material de sacrifício.

Referências

- ALBARO, J. I. A. **A Operação de Prensagem: Considerações Técnicas e sua Aplicação Industrial**. Valência, 2001. Disponível em: . Acesso em: 19 nov. 2018.
- CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2009. 844 p.
- DIAS, J. A. **Avaliação fotocatalítica de partículas semicondutoras baseadas em óxidos de zinco e cobalto obtidas por moagem de alta energia**. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2015.
- DIAS, J. A. et al. Characterization and photocatalytic evaluation of ZnO-Co₃O₄ particles obtained by high energy milling. Part II: Photocatalytic properties. **Ceramics International**. v. 42, p.25-1431, 2016.
- FALEIROS, R. R. **Avaliação da atividade fotocatalítica de partículas de WO₃:TiO₂ obtidas pela técnica de moagem de alta energia**. 2016. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2016.
- FARIA, F. P. et al. Study of the influence of the porosity in ZnO samples applied to advanced oxidation processes for water depollution. **Proceedings: 7th International Congress on Ceramics & 62° Congresso Brasileiro de Cerâmica**. Foz do Iguaçu, 2018. p. 436 - 447.
- IMMICH, A. P. S. **Remoção de corantes de efluentes têxteis utilizando folhas de Azadirachta indica como adsorvente**. 2006. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- KINGERY, W. D.; BOWEN, H. K.; UHLMANN, D. R.. **Introduction to Ceramics**. 2. ed. New York: Wiley-interscience, 1976. 1056 p.
- KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G. de; DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 78-82, Feb. 2002. Available from . access on 01 Aug. 2017.
- MITTER, E. K. Corantes da Indústria Têxtil: Impactos e Soluções. **Jornal Biosferas**, Rio Claro, p. 1-1. 28 jul. 2017. Disponível em: . Acesso em: 28 jul. 2017.
- MOURÃO, H. A. J. L.; DE MENDONÇA, V. R.; MALAGUTTI, A. R.; RIBEIRO, C.. **Nanoestruturas em fotocatalise: Uma revisão sobre estratégias de síntese de fotocatalisadores em escala nanométrica**. 2009. 10 f. Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.
- NOGUEIRA, T. A. **Efeitos da temperatura de operação no envelhecimento artificial de varistores a óxido de zinco por impulsos de alta corrente de curta duração**. 2017. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2017.
- REED, J. S. **Principles of Ceramics Processing**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 658 p.
- SANTANA, S. V. de **Nanopartículas de prata de Ag/ZnO nanoestruturado como agentes antimicrobianos obtidos por processo hidrotermal de micro-ondas**. 2012. 86f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.
- SEMENSATO, L. M. S. et al. Porous ZnO Semiconductors Obtained Through A Sacrifice Phase. **Proceedings: 7th International Congress on Ceramics & 62° Congresso Brasileiro de Cerâmica**. Foz do Iguaçu, 2018. p. 400 - 407.
- SOARES, J. L. **Remoção de corantes têxteis por adsorção em carvão mineral ativado com alto teor de cinzas**. 1998. 83f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.
- STORION, A. G. **Nanopartículas de TiO₂:WO₃ e ZnO obtidas pela utilização de moinho vibratório: caracterização e propriedades fotocatalíticas**. 2018. 133f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2018.
- TORRES, C. S.; SHAEFFER, L. Efeito da moagem de alta energia na morfologia e compressibilidade do com-

pósito WC-Ni. **Matéria (Rio J.)**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 88-95, 2010. Available from . access on 26 July 2017.

VASQUES, A. R. **Caracterização e aplicação de adsorventes para remoção de corantes de efluentes têxteis em batelada e coluna de leito fixo**. 2008. 153f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.



CAPÍTULO 14

EFEITOS DA INSERÇÃO DE CHÁS NO COTIDIANO DA COMUNIDADE ACADÊMICA DO IFRN EM IPANGUAÇU-RN

EFFECTS OF INSERTING TEA IN THE IFRN ACADEMIC COMMUNITY
DAILY IN IPANGUAÇU-RN

Romildo de Lima Amaro
Claudeone Manoel do Nascimento
João Luiz Lima
Francisco Izaac Silva Augusto

Resumo

A utilização de chás faz parte da cultura nordestina, mas nos últimos anos, tem sido desvalorizada e sufocada pelas empresas farmacêuticas. Objetivou-se com o presente estudo, avaliar os efeitos da introdução de chás na comunidade acadêmica do IFRN Campus Ipanguaçu, retomando a cultura nordestina de chás medicinais, divulgando os benefícios e precauções do uso do chá, e colaborando com a propagação de plantas medicinais na região. O Projeto "Dia de Chá" foi uma parceria entre a DIGUAE/IP e a COAES/IP para uma divulgação, com a comunidade acadêmica, seus familiares e os visitantes da escola, de plantas medicinais e seus benefícios à saúde humana através de distribuição de diferentes tipos de chás durante sete semanas. A fim de alcançar mais pessoas, mudas do tipo de chá que era oferecido no dia foram entregues para que os próprios alunos, servidores e terceirizados multiplicassem na sociedade em que vivem e compartilhassem das vantagens que essas plantas podem oferecer. No decorrer do projeto, foi notada uma grande participação do público, e melhora em alguns sintomas nos degustadores do chá, como alívio de cólicas, dores de cabeça, relaxamento, regulação intestinal, etc. Com isso, conclui-se que a utilização de chá e plantas medicinais, pode ser uma alternativa vantajosa no auxílio ao combate de doenças, e alguns desconfortos decorrentes no dia a dia escolar.

Palavras chave: Benefícios; IFRN; Plantas medicinais.

Abstract

The use of teas is part of the Northeast culture, but in the last years has been devalued and suffocated by the Pharmaceutical industries. The purpose of this study was to evaluate the effects of tea introduction in the academic community of the IFRN Campus Ipanguaçu, resuming the northeastern culture of medicinal teas, disseminating the benefits and precautions of tea use, and collaborating with the propagation of medicinal plants in the region. The "Tea Day" project was an association between DIGUA/IP and COAES/IP for dissemination in the academic community, the student's families and the school visitors, of medicinal plants and their benefits to human health through distribution of many types of tea during seven weeks. For the purpose of the reach more people, seedlings of the teas of the day were offered to the students, teachers and outsourced to spread in the society and share the benefits these plants can offer. During the project, was noticed a great participation of the public and improvement in some symptoms of the teas tasters, such as colic relief, headaches, relaxation, intestinal regulation, and others. Because of that, it was concluded that the use of teas can be an advantageous alternative in helping to combat some diseases and discomforts that can arises with the school day.

Key-words: Benefits; IFRN; medicinal plants.



1. INTRODUÇÃO

A utilização de chás faz parte da cultura nordestina, mas nos últimos anos tem sido desvalorizada e sufocada pelas empresas farmacêuticas. A mídia nos traz diariamente novos comprimidos “milagrosos” que prometem curas instantâneas e a cada dia desvaloriza mais as plantas medicinais. Se por um lado temos o mundo capitalista impulsionando as indústrias farmacêuticas, que investem constantemente na mídia, de forma a convencer a população a consumir medicamentos industrializados constantemente; por outro atentamos para a terapia do cultivo e consumo de plantas medicinais, componente importante para o auxílio da manutenção da saúde mental e física dos indivíduos. O chá atualmente é consumido em todo o mundo, seja para tratamento de doenças ou simplesmente por questão cultural, mas falta incentivos e informações acerca do mesmo, pois suas finalidades na área medicinal muitas vezes são ocultadas, para que seja feita a utilização de medicamentos industriais, fortalecendo a indústria farmacêutica, que é uma grande vilã dos medicamentos naturais. Objetivou-se com o presente estudo, avaliar os efeitos da introdução de chás na comunidade acadêmica do IFRN Campus Ipanguaçu, retomando a cultura nordestina de chás medicinais, divulgando os benefícios e precauções do uso do chá, e colaborando com a propagação de plantas medicinais na região.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desde épocas remotas, as sociedades humanas acumulam informações e experiências sobre o ambiente que as cerca, e as plantas sempre tiveram fundamental importância por suas potencialidades terapêuticas aplicadas ao longo de gerações (RANGEL; BRANGANÇA, 2009). Inúmeros estudos científicos vêm sendo feitos no sentido de validar as informações populares referentes ao uso de plantas medicinais. Podemos mencionar o interesse de cientistas, bem como a indústria farmacêutica denotam ao desenvolver pesquisas com o objetivo de descobrir novos princípios ativos e também aprimorar as descobertas de novas atividades farmacológicas de substâncias já conhecidas e oriundas de plantas (FIRMO et al., 2011). O princípio ativo é uma substância que administrada de forma correta após ser extraído da planta, e feito uma mistura complexa, seja em forma de pós, tinturas, chás, causa reações benéficas ao organismo humano curando determinadas doenças. Frequentemente o princípio ativo é encontrado em flores, folhas, raízes e frutos.

O Brasil é um país com grande diversidade biológica e cultural e que conta, por isso, com um acúmulo considerável de conhecimentos e tecnologias tradicionais, entre os quais se destaca o vasto acervo de saberes sobre o manejo e utilização de plantas medicinais (BATTISTI et al., 2013). Ainda segundo Battisti et al. (2013), a utilização de plantas medicinais tem aumentado devido a economia, pois os altos



valores dos medicamentos industrializados, tem levado as pessoas a recorrerem a remédios caseiros obtidos através das plantas. Além disso, habitantes da zona rural tem mais dificuldades de acesso as redes básicas de saúde devido ao difícil deslocamento até as áreas urbanas.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) refere-se às plantas medicinais como espécies vegetais a partir das quais produtos de interesse terapêutico podem ser obtidos e usados na espécie humana como medicamento. Grande parte da população mundial tem confiança nos métodos tradicionais relativos aos cuidados diários com a saúde e cerca de 80% dessa população, principalmente dos países em desenvolvimento, confiam nos derivados de plantas medicinais para seus cuidados com a saúde. Aproximadamente 25% de todas as prescrições médicas são formulações baseadas em substâncias derivadas de plantas ou análogos sintéticos derivados destas (FIRMO et al., 2011).

Uma estratégia adotada pelo Ministério da Saúde para continuar com o processo de utilização de plantas medicinais no tratamento de doenças, foi aprovação da Política Nacional de Plantas Mediciniais e Fitoterápicos, que fora regulamentada por intermédio do Decreto nº 5.813, de 22 de junho de 2006 (BRASIL, 2006). Essa política objetiva uma utilização mais sustentável e consciente dos compostos medicinais encontrados na biodiversidade brasileira, gerando assim um aumento da qualidade de vida, além de ampliar opções de tratamento pelo Sistema Único de Saúde (SUS), sem deixar de lado todo o conhecimento adquirido através de saber popular. As plantas medicinais podem ser usadas de diversas formas e, depois serem preparadas através de vários processos como chá, gargarejo, sucos, óleos, pós, etc. O chá é a preparação pela qual há extração do princípio ativo utilizando a água, através de elevadas temperaturas e tempo decorrido (LAMEIRA; PINTO, 2008).

3. METODOLOGIA

A pesquisa quantitativa experimental foi conduzida no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Ipanguaçu, no período de janeiro a março de 2016. Nesse viés, o Projeto "Dia de Chá" foi uma parceria entre a Diretoria de Gestão da Unidade Agrícola-Escola (DIGUAE) e a Coordenação de Assistência Estudantil (COAES) do IFRN *Campus* Ipanguaçu para uma divulgação, com a comunidade acadêmica, seus familiares e os visitantes da escola, de plantas medicinais e seus benefícios à saúde humana através de distribuição de diferentes tipos de chás. A fim de alcançar mais pessoas, mudas do tipo de chá que era oferecido no dia foram entregues para que os próprios alunos, servidores e terceirizados multiplicassem na sociedade em que vivem e compartilhassem das vantagens que essas plantas podem oferecer. Atribui-se como ferramentas desse processo a avaliação da introdução de chás no cotidiano da comunidade acadêmica, sejam eles alunos, servidores, terceirizados e familiares, além dos visitantes da



escola. Para o desencadeamento do devido projeto, inicialmente foi exposto uma vez por semana durante os 3 (três) turnos, no Centro de Vivência do *Campus*, vários tipos de chás medicinais, com painel expositivo contendo efeitos medicinais, contraindicações, origem, preparo do chá e forma de cultivo. Além do painel expositivo, era montada uma estrutura com garrafas de chás e mudas do tipo de chá ofertado. Eram recolhidas as assinaturas dos visitantes consumidores de chá e dos visitantes que levavam as mudas. As mudas utilizadas foram preparadas pelos bolsistas do viveiro de mudas, que também ajudaram no projeto. Ademais, foi aplicado questionário online, enviado via e-mail aos servidores e para atender os alunos e a comunidade com utilização de aparelho eletrônico Ipad. Utilizou-se, como método para a análise final dos participantes, um questionário contendo 4 perguntas objetivas que indagam sobre divergentes aspectos no que diz respeito ao consumo do chá, os efeitos medicinais percebidos e o desenvolvimento do hábito de consumir chá. Concluída esta etapa, buscou-se a inserção da prática do consumo dos chás na escola de forma contínua. Para isso, foi elaborado um relatório, no qual apresentamos os resultados da pesquisa, que foi encaminhado a administração da escola e a direção geral.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As ações ocorreram em 7 (sete) quartas-feiras distintas, onde nas 6 (seis) primeiras era um tipo de chá diferente e na última todos os chás já ofertados. Na figura 1 encontram-se o tipo de chá ofertado e a quantidade de visitantes do estande. No total, atingiu-se um número de 1317.

Chás ofertados	Quantitativo
Capim santo	209
Erva cidreira	150
Hortelã	181
Folha de limoeiro	141
Capim santo com limão (gelado)	180
Folha de laranjeira	190
Todos os chás distribuídos anteriormente	266
TOTAL	1317

Figura 1: Tipos de chás ofertados e quantidades.
Fonte: Próprios autores (2019)

Esses dados mostraram que a instituição aderiu ao projeto, pois foi ofertada uma grande quantidade de chás para os servidores, discentes e toda a comunidade. Embora, eles tenham ficado um tanto receosos com a prática de tomar chá, gradativamente adaptaram-se, ao tomarem conhecimento de seus efeitos benéficos a saúde física e mental. Quanto a doação de mudas, foi um total de 210, distribuídas em quatro espécies (Figura 2), o que acabou fazendo uma propagação

de mudas pela região. Como a escola não pode disponibilizar mudas de laranjeira, foram ofertados 24 saquinhos com folhas para uma xícara de chá.

Doação de mudas	Quantitativo
Capim santo	78
Erva cidreira	42
Hortelã	26
Limão	64
TOTAL	210

Figura 1 – Tipos de mudas ofertadas e quantidades.
Fonte: Próprios autores (2019)

Ao avaliar a qualidade do projeto, observou-se que 75,3% afirmou ser ótimo e 23,7% bom, mostrando e retratando que a comunidade está aberta para retomar essa cultura do uso dos chás, bem como a importância do projeto na Instituição. A opinião dos entrevistados é de summa importância, pois é através delas, que pode ser introduzido novos projetos que tenham relações com este ou a continuidade do mesmo, fortalecendo cada vez mais a instituição e, o uso da medicina tradicional no cotidiano das pessoas, tornando-as assim menos dependentes de produtos fármacos industriais, passando a consumir algo natural. Quando perguntado sobre a satisfação do chá ofertado, observou-se uma predileção pela combinação de Capim Santo com Limão (34%), fator que consideramos positivo, por ser uma bebida relaxante e calmante, sendo muito produtivo seus efeitos em um espaço onde geralmente encontramos pessoas estressadas e ansiosas. O fato de os entrevistados serem adeptos ao chá de capim santo com limão muito se dá pelo mesmo ser servido gelado, o que acaba tornando-se agradável, pois nesta região do Vale do Assú, o clima é semiárido, sendo bem-vinda a ingestão de uma bebida gelada. Além disso, o seu sabor se assemelha bastante com o suco, que é um grande querido do povo.

A maioria se mostrou aberta ao consumo diário de chás (94,6%), mostrando a importância de transformar esse projeto em uma ação permanente. Percebeu-se que muitos participantes incorporaram a importância do chá e pensaram e fazer o uso em outros momentos (89,2%), o que nos mostra a importância de estimular ações educativas, como explanado no Gráfico 4. Observou-se que a maioria não percebeu o efeito medicinal do chá (68,5%), mas diante a aceitação geral do grupo, acredita-se que também existem crenças que precisam ser desmistificadas, principalmente devido aos costumes da medicações artificiais, pois muitos já são induzidos desde a infância ao tratamento de doenças por intermédio de fármacos industriais, além da excessiva visualização midiática, que aponta eles como eficientes no tratamento, de fácil utilização, armazenamento e disponibilidade, o que torna a alternativa de usos de chás quase que não utilizadas, principalmente nas áreas urbanas, pois nas áreas rurais, é usufruído com mais frequência, seja por conhecimentos tradicionais hereditários, ou, pelo acesso a farmácias em algumas situações. Os que perceberam, citaram os efeitos: calmante/relaxamento/tranquilizante, alívio de cólica, regulação do intestino, etc. Mostrando a eficiência da ação terapêutica das plantas.

5. CONCLUSÕES

Tendo em vista que mesmo contrário a prática capitalista, o consumo do chá é benéfico para população, assim é possível inferir que o projeto foi proveitoso para toda comunidade, propiciando a divulgação da utilização dos chás entre alunos, pais, servidores, terceirizados e moradores do entorno da Instituição. O desenvolvimento do projeto, permitiu-se a multiplicação das plantas medicinais por diversas cidades do Rio Grande do Norte, em especial, as cidades que compõem o Vale do Açu através da doação de mudas. Ora, por vezes nos deslumbramos com o efeito de um comprimido que geralmente custa caro e nos traz efeitos colaterais, quando de fato temos os chás medicinais de fácil cultivo, baixo custo e que despertam questões que envolvem nossa cultura.

Referências

BATTISTI, C. et al. Plantas medicinais utilizadas no município de Palmeira das Missões, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v. 11, n. 3, jul./set. 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. **Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos**. Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 60 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde).

FIRMO, W. C. A. et al. **Contexto histórico, Uso popular e Concepção Científica sobre plantas medicinais**. Cad. Pesq., São Luís, v. 18, n. especial, dez. 2011.

LAMEIRA, O. A.; PINTO, J. E. B. P. **Plantas medicinais: do cultivo, manipulação e uso à recomendação popular**. Embrapa Amazônia Oriental. Belém, 2008.

RANGEL, M.; BRAGANÇA, F.C.R. Representações de gestantes sobre o uso de plantas medicinais. **Rev Bras PI Med.**, v.11, n. 1, p. 100-9, jan-mar, 2009.



CAPÍTULO 15

EFEITO DA BIOESTIMULAÇÃO E BIOAUMENTAÇÃO NA COMUNIDADE MICROBIANA DURANTE A BIOREMEDIAÇÃO DE UM SOLO CONTAMINADO COM BORRA OLEOSA

BIOSTIMULATION AND BIOAUGMENTATION EFFECT ON THE
MICROBIAL COMMUNITY DURING BIOREMEDIATION OF OILY SLUDGE
CONTAMINATED SOIL

Vanessa Sacramento Cerqueira

Patrícia Dörr de Quadros

Maria do Carmo Ruaro Peralba

Flávio Anastácio de Oliveira Camargo

Fátima Menezes Bento

Resumo

A adição de nutrientes limitantes e microrganismos pré-selecionados podem ser alternativas mais rápidas e efetivas no tratamento de resíduos oleosos em solos de Landfarming. O objetivo deste trabalho foi conhecer a composição da comunidade microbiana e as taxas de biodegradação de hidrocarbonetos totais de um solo proveniente de Landfarming contaminado com 6% de borra oleosa, submetido às estratégias de bioestimulação e bioaumentação. Foram estudados dois níveis de nutrientes (C:N:P=100:10:1 e 100:0,4:0,2), na presença e ausência de um consórcio bacteriano, durante 90 dias. Os hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH) foram quantificados usando a técnica de Cromatografia Gasosa e a comunidade microbiana foi avaliada através do sequenciamento de alto rendimento do gene 16S rRNA utilizando a plataforma Illumina. A adição de nutrientes ao solo mostrou efeito predominante sobre a adição do consórcio bacteriano. O menor nível de nutrientes apresentou maior riqueza microbiana e taxas de biodegradação de TPH (84,1%), independentemente da presença das bactérias adicionadas, indicando que a adição balanceada de N e P pode estimular a microbiota degradadora. Por outro lado, a bioaumentação com maior nível de nutrientes aumentou a riqueza microbiana. A abundância de *Proteobacteria* e *Acidobacteria* aumentaram significativamente sob concentrações menores de N e P, assim como *Bacteroidetes*, *Actinobacteria* e *Firmicutes* aumentaram a abundância sob níveis mais elevados de nutrientes. Os resultados mostraram que diferentes estratégias de biorremediação estimulam diferentes microrganismos e promovem diferentes taxas de degradação de hidrocarbonetos, evidenciando a importância da correção de fatores limitantes na otimização do tratamento de biorremediação da borra oleosa na área avaliada.

Palavras chave: biorremediação, borra oleosa petroquímica, comunidade microbiana, Sequenciamento Illumina, 16S rRNA gene.

Abstract

The addition of limiting nutrients and the addition of pre-selected microorganisms can be faster and more effective alternatives on the treatment of oily residues in Landfarming soils. The objective of this work was to study the microbial community composition and the hydrocarbons biodegradation rates of a Landfarming soil contaminated with 6% of oily sludge under biostimulation and bioaugmentation strategies. Two levels of nutrients (C: N: P = 100: 10: 1 and 100: 0.4: 0.2) were studied, in the presence and absence of a bacterial consortium, for 90 days. The total concentration of petroleum hydrocarbons (TPH) was quantified using *Gas Chromatography* technique and the microbial community was evaluated through sequencing of the bacterial 16S rRNA gene using Illumina platform. The addition of nutrients to the soil showed a predominant effect over addition of the bacterial consortium. The lowest level of nutrients showed greater microbial richness and biodegradation rates of TPH (84.1%), regardless of the addition of bacteria, indicating that a balanced addition of N and P can stimulate the degrading microbiota. By the other hand, bioaugmentation with the higher level of nutrients increased the microbial Richness. *Proteobacteria* and *Acidobacteria* abundance increased significantly under lower N and P, as well as, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria* and *Firmicutes* increased abundance under higher nutrient level. The results showed that different bioremediation strategies stimulate different microorganisms, triggering different hydrocarbon degradation rates, evidencing the importance of adjust limiting factors for optimization of oily sludge bioremediation treatment in the evaluated site.

Keywords: bioremediation, petrochemical oily sludge, microbial community, Illumina sequencing, 16S rRNA gene.



1. INTRODUÇÃO

A borra oleosa petroquímica é um dos resíduos mais preocupantes nas refinarias de petróleo e nas indústrias petroquímicas, devido à grande quantidade gerada durante as etapas de produção, armazenamento e transporte, e devido à sua constituição química (HU et al., 2013; SARKAR et al., 2016; ROY et al., 2018; SUGANTHI et al., 2018). A borra oleosa é caracterizada como uma emulsão de água, sedimentos, metais pesados, hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, resinas e asfaltenos (UBANI et al., 2013). A maioria dos componentes deste resíduo apresentam propriedades toxicológicas, mutagênicas e cancerígenas, sendo classificados como poluentes ambientais prioritários para monitoramento, de acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA) (HE et al., 2014; SUGANTHI et al., 2018; UBANI et al., 2013). Neste sentido, o setor industrial utiliza alternativas eficientes para o tratamento deste resíduo de forma ambiental e economicamente sustentável.

A biorremediação é um processo biológico natural onde compostos orgânicos são utilizados pela população microbiana, transformando-os em compostos mais simples como o CO_2 e a água. No entanto, resíduos contaminantes industriais, como a borra oleosa podem apresentar em sua composição moléculas que podem ser insolúveis e recalcitrantes (fitano e pristano) (SARKAR et al., 2016). No Brasil, algumas refinarias e indústrias petroquímicas tem adotado a biorremediação, através de uma estratégia de disposição no solo deste resíduo oleoso, conhecida como "*Landfarming*". O processo consiste na aplicação, incorporação e homogeneização de contaminantes oleosos na camada superficial do solo, com operações de aragem, gradagem e algumas vezes a correção do pH e a adição de nutrientes para que ocorra a degradação pelos microrganismos nativos do solo (Figura 1). Diversos microrganismos apresentam competência enzimática capaz de transformar o resíduo oleoso em substâncias inertes como material orgânico estabilizado, água e CO_2 (GHOREISHI et al., 2017; JACQUES et al., 2007; SUGANTHI et al., 2018), ou reduzir a concentração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (SAWULSKI et al., 2014). Entretanto, fatores como tipo de solo, temperatura, umidade, concentrações de nutrientes e do contaminante no solo tem efeito direto na degradação dos hidrocarbonetos pelos microrganismos durante a biorremediação (BASTIDA et al., 2016; ROY et al., 2018; SILES & MARGESIN, 2018). A adaptação de populações microbianas ao contaminante ocorre mais comumente pela indução de enzimas necessárias para a biodegradação, seguida por um aumento na população de organismos biodegradadores. A degradação desses contaminantes pode também envolver uma mudança genética, como uma mutação ou uma transferência genética, resultando no aparecimento de novas capacidades metabólicas (MAIER & GENTRY, 2015). A degradação microbiana está associada a utilização do carbono e de outros compostos presentes nos resíduos oleosos.

Para aumentar a eficiência do processo de biorremediação, destacam-se duas



estratégias, a bioestimulação e a bioaugmentação (TYAGI et al., 2011; SARKAR et al., 2016). A bioestimulação consiste em adicionar nutrientes, que podem favorecer o processo de degradação microbiana, tais como nitrogênio (N) e fósforo (P), e que podem ser fornecidos pela adição de fertilizantes químicos ou de materiais orgânicos como farelo de soja, palha de trigo, lodo de esgoto (AL-KINDI & ABED, 2016; SILES & MARGESIN, 2018; WU et al., 2017b), alfafa, entre outros (SIDDIQUI et al., 2016). A bioaugmentação consiste em introduzir microrganismos selecionados com potencial de degradação conhecida no local contaminado, visando aumentar a taxa de biodegradação do contaminante (KOSLAF et al., 2016). A bioaugmentação tem apresentado resultados satisfatórios na biodegradação de poluentes ambientais, principalmente com microrganismos degradadores de hidrocarbonetos como representantes dos gêneros *Nocardia*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Arthrobacter*, *Achromobacter*, *Rhodococcus*, *Alcaligenes*, *Mycobacterium* e *Bacillus* (BALBA et al., 1998; BENTO et al., 2005; CERQUEIRA et al., 2014; de QUADROS et al., 2016; JASMINE & MUKHERJI, 2015; KOSLAF et al., 2016; ROY et al., 2014; SIDDIQUI et al., 2016; WU et al., 2017b). Diferentes processos de biorremediação impactam a estrutura da comunidade microbiana do solo, a qual influencia fortemente na taxa de degradação de hidrocarbonetos (WU et al., 2017b). O sequenciamento do microbioma do solo e de genomas microbianos utilizando plataformas de alto rendimento como Illumina e PacBio (Johnson et al., 2019) tem contribuído significativamente para o conhecimento da composição e para monitorar as mudanças em toda comunidade microbiana em ambientes impactados em processos de remediação. No entanto, poucos estudos foram relatados considerando a borra oleosa em condições controladas de biorremediação (AL-KINDI & ABED, 2016; de QUADROS et al., 2016; KOSLAF et al., 2016; ROY et al., 2018; SARKAR et al., 2016). O presente estudo avaliou a composição da comunidade microbiana em solo contaminado com borra oleosa, sob dois cenários de concentração de nutrientes minerais (bioestimulação) e com e sem inoculação de bactérias selecionadas degradadoras de hidrocarbonetos (bioaugmentação).



Figura 1- Aspecto da área (células) do *Landfarming* no Rio Grande do Sul. (A) recente aplicação de borra oleosa; (B) após realização de revolvimento do solo. Foto: Cerqueira, 2011.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Coleta das amostras

A borra oleosa foi coletada em Valos de Tratamento e Disposição de resíduos, e o solo foi coletado em Células de Landfarming (ativas há mais de 30 anos), ambos localizados em uma Unidade de tratamento de resíduos sólidos de indústrias petroquímicas no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. O solo foi coletado das áreas (células) que receberam borra oleosa pela última vez, haviam 3 meses. As amostras de solo foram homogeneizadas e peneiradas a 2mm. Amostras representativas de solo e borra oleosa foram submetidas a caracterização físico química (CERQUEIRA et al., 2012).

2.2 Montagem dos microcosmos

Os microcosmos foram montados usando frascos de vidro herméticos com capacidade útil de 1 L (Figura 2). A quantidade de solo em cada frasco foi calculada em base seca (200g). O solo foi contaminado com 6% p/p de borra oleosa petroquímica. Para o tratamento de bioestimulação, duas soluções de nutrientes foram preparadas usando $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e KH_2PO_4 , como fonte de N e P, respectivamente, simulando duas taxas de C:N:P: 100:10:1 (maior concentração de N e P) e 100:0,4:0,2 (menor concentração de N e P), previamente descrito por Cerqueira et al. (2014). Os frascos experimentais foram mantidos em ambiente fechado à temperatura ambiente por 90 dias. A temperatura foi monitorada durante todo o período experimental. Periodicamente, o solo foi revolvido e o teor de umidade ajustado pela adição de água destilada estéril a fim de mantê-lo a 70% da capacidade de campo. Cada tratamento foi realizado em triplicata e caracterizado da seguinte forma:

BS/N+P+ → **Bioestimulação** com maior concentração de nutrientes (C:N:P = 100:10:1);

BS+BA/N+P+ → **Bioaugmentação** (consórcio bacteriano) + **Bioestimulação** com maior concentração de nutrientes (C:N:P = 100:10:1);

BS/N-P- → **Bioestimulação** com menor concentração de nutrientes (C:N:P = 100:0,4:0,2);

BS+BA/N-P- → **Bioaugmentação** (consórcio bacteriano) + **Bioestimulação** com menor concentração de nutriente (C:N:P = 100:0,4:0,2);



Controle □ solo Landfarming sem adição de borra oleosa.



Figura 2 - Aspecto dos Microcosmos, em detalhe mostrando o sistema hermético. Fonte: Cerqueira, 2011.

2.3 Consórcio microbiano

Nos tratamentos de bioaugmentação, o solo foi inoculado com um consórcio microbiano constituído por 5 bactérias previamente identificadas (*Stenotrophomonas acidaminiphila*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus cibi*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Bacillus cereus*) e selecionadas quanto à sua capacidade de biodegradação (CERQUEIRA et al., 2011). As colônias bacterianas puras foram transferidas para frascos contendo Caldo Nutriente estéril e incubadas por 24 h em agitador orbital a 100 rpm, a 30°C. Após, as células foram centrifugadas a 9000 rpm, a 4°C, durante 15 min, e o sobrenadante foi removido. As células foram ressuspensas em solução salina estéril (0,85%) para lavagem, sendo esse processo repetido três vezes. As células foram suspensas em solução salina estéril (0,85%). O inóculo de cada isolado foi padronizado e o consórcio foi adicionado aos solos nos tratamentos de bioaugmentação, a fim de fornecer 10^8 células / g de solo em cada microcosmo.

2.4 Análises

Amostras de solo de cada microcosmo foram coletadas aos 0 e 90 dias de processo para a quantificação dos hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH). Para sequenciamento do DNA e avaliação da comunidade microbiana, o solo foi amostrado após 90 dias de incubação.

2.4.1 Determinação dos Hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH) no solo

O TPH foi determinado pelo método EPA 8015B / 3540. Para isso, os hidrocarbonetos foram extraídos das amostras de solo, utilizando hexano e diclorometano na proporção de 1:1,5. Uma alíquota do extrato (2 µL) foi injetada em um cromatógrafo a gás (Dani GC1000) com detector de ionização de chama (FID) e coluna capilar VF-5MS (30 m x 0,53 mm x 1,5 µm). O nitrogênio foi usado como gás de arraste e a concentração de hidrocarbonetos foi quantificada usando padronização externa. O limite de detecção do método foi de 0,05 mg/kg.

2.4.2 Análise da comunidade microbiana, extração de DNA e amplificação por PCR

De cada amostra, o DNA foi isolado a partir de 0,5 g de solo usando o Kit de Isolamento de DNA MoBio PowerSoil™ (Carlsbad, CA, EUA). As extrações foram realizadas de acordo com o protocolo do fabricante. A pureza e concentração do DNA genômico foram determinadas por espectrofotometria e fluorometria (Nanodrop e Quantus, de Thermo Scientific, Wilmington, DE, EUA), respectivamente. Os primers 515F (5-TGCCAGCAGCCGCGGTAA-3) e 806R (5-GGACTACVSGGGTATCTA-AT-3) (CAPORASO et al., 2010) foram utilizados para sequenciamento da região V4 do gene 16S rRNA. As condições das reações de PCR para amplificação do 16S foram realizadas a uma temperatura de desnaturação inicial de 94 °C por 3 min, seguida de 20 ciclos de 94 °C por 45 s, 53 °C por 30 s e 65 °C por 90 s. Uma etapa final de alongamento a 65 °C foi realizada por 10 minutos. O sequenciamento foi realizado na plataforma Illumina HiSeq (Illumina, Inc., CA, EUA), para obtenção de sequências de 250 pares de bases. A análise da sequência e a identificação das OTUs foram baseadas nos métodos de Giongo et al. (2010) e Fagen et al. (2012). As sequências de baixa qualidade foram removidas, assim como as 11 primeiras bases correspondentes à região do primer, utilizando-se para isto comandos do Trim2 (HUANG et al., 2003). As sequências foram alinhadas e agrupadas com o programa CLC Assembly Cell v3.0.2b e identificadas com base no banco de dados RDP (Ribosomal Database Project). Descrições taxonômicas completas baseadas no banco de dados de taxonomia NCBI foram geradas, de filo a espécie, para as entradas no banco de dados RDP usando o TaxCollector (COLE et al., 2009). Os agrupamentos de sequências não identificadas com base nos bancos de dados receberam um número e representam um microrganismo desconhecido (ausente no banco de dados).



2.5 Análise estatística

As correlações ANOVA (testes de Tukey e Scott-Knott), PCA e Spearman foram realizadas usando o XLSTAT-Pro 2016 (software principal da Addinsoft). Para integrar a análise de correlações de Spearman, foram utilizados apenas os OTUs com abundância relativa igual ou superior a 0,05% do total de leituras (ponto de corte).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo, foram utilizadas técnicas independentes de cultivo (sequenciamento em plataforma Illumina) para avaliar a ocorrência e abundância de microrganismos. A análise de correlação (Spearman) mostrou que índices de degradação de hidrocarbonetos está significativamente correlacionada com a alta abundância de espécies bacterianas específicas do solo, indicando a dominância de diferentes microrganismos em cada tratamento.

3.1 Degradação de hidrocarbonetos totais de petróleo e riqueza microbiana

A remoção de TPH do solo após 90 dias de incubação variou de 78,8 a 84,1% para os tratamentos de bioestimulação com ou sem bioaumentação. Os resultados não diferiram estatisticamente, porém houve uma tendência à maior remoção de TPHs nos tratamentos que receberam a menor taxa C:N:P, alcançando 84,1 (BS/N-P-) e 81,3% (BA+BS/N-P-), enquanto os tratamentos que utilizaram maiores quantidades de nutrientes resultaram em uma menor taxa de degradação. A Tabela 1 mostra as taxas de biodegradação com valores obtidos de TPH, os índices de riqueza (R) e de diversidade de Simpson alcançadas após 90 dias em diferentes tratamentos de biorremediação do solo contaminado com 6% de borra oleosa.

Tratamento	Taxa de degradação de TPH (%)	Índice de Riqueza (R)	Índice de diversidade de Simpson
BS/N+P+	78,8 ± 0,43 ns	1,5 b	0,84 ns
BS+BA/N+P+	79,6 ± 2,79	1,5 b	0,88
BS/N-P-	84,1 ± 0,8	2,3 a	0,84
BS+BA/N-P-	81,3 ± 0,49	1,2 c	0,86

Tabela 1 – Degradação de hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH) e índices de riqueza (R) e diversidade de Simpson, em solo Landfarming sob diferentes tratamentos de biorremediação. BS/N+P+: bioestimulação com maior concentração de nutrientes; BS+BA/N+P+: bioestimulação com maior concentração de nutrientes + bioaumentação; BS/N-P-: bioestimulação com menor concentração de nutrientes; BS+BA/N-P-: bioestimulação com menor concentração de nutrientes + bioaumentação. Scott-Knott test, alpha ≤ 0,05. *ns não significativo.



Embora as taxas de degradação não tenham apresentado diferença significativa, os índices de riqueza variaram significativamente. O maior índice de riqueza (2,3) foi detectado no tratamento com BS/N-P- e o menor no tratamento com BS+BA/N-P-. Por outro lado, o índice de diversidade de Simpson não apresentou diferença significativa (ANOVA).

De acordo com esses resultados, a aplicação de nutrientes na menor quantidade estudada pareceu favorecer a microbiota local do solo, principalmente a comunidade microbiana degradadora, uma vez que o tratamento BS/N-P- apresentou uma taxa ligeiramente mais alta de degradação de TPH e maior riqueza bacteriana. Porém, quando na presença do consórcio, a riqueza foi reduzida, provavelmente causada por competição. As bactérias exógenas adicionadas (consórcio) nos tratamentos de bioaumentação podem ter aumentado a diversidade microbiana das amostras, mas também competido com as bactérias indígenas pelos nutrientes disponíveis no solo. Além disso, a maior dose de N e P no solo pode ter estimulado alguns microrganismos que não são degradadores da borra oleosa, tendendo a reduzir a degradação de hidrocarbonetos, independentemente da estratégia de biorremediação adotada.

3.2 Estrutura da comunidade microbiana

Observando o perfil do gene 16S (Figura 3), pode-se observar que *Proteobacteria* foi o filo dominante em todas as amostras, seguido por *Bacteroidetes*, *Actinobacteria* e *Firmicutes*.



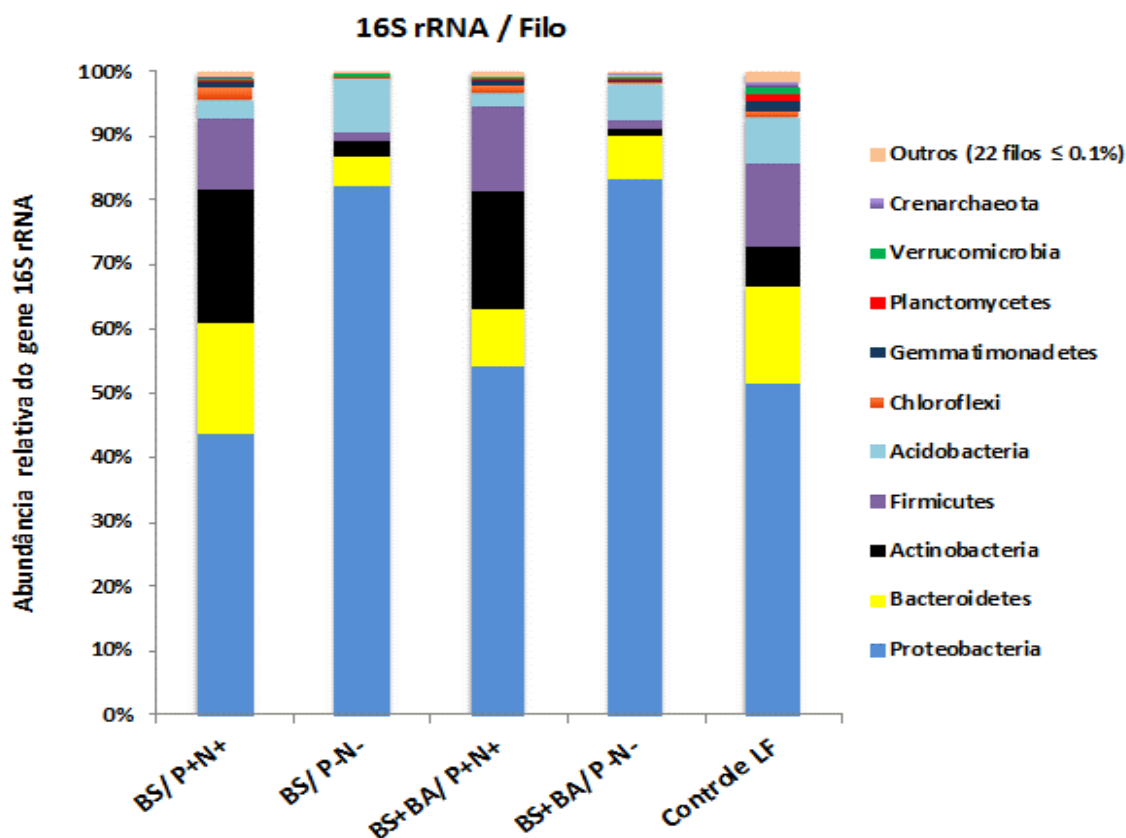


Figura 3- Perfil 16S do microbioma do solo (bacteria + archaea) contaminado com borra oleosa submetido a diferentes processos de biorremediação em microcosmos. BS/N+P+: bioestimulação com maior concentração de nutrientes; BS+BA/N+P+: bioestimulação com maior concentração de nutrientes + bioaumentação; BS/N-P-: bioestimulação com menor concentração de nutrientes; BS+BA/N-P-: bioestimulação com menor concentração de nutrientes + bioaumentação.

Quando comparado ao controle, pode-se observar que a condição com uma menor concentração de nutrientes N e P (BS/N-P- e BS+BA/N-P-) favoreceu o aumento da abundância de *Proteobacteria*. Nestes tratamentos, os filis *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Firmicutes* e *Acidobacteria* foram os encontrados em maior quantidade. No entanto, foi observada uma redução na abundância de *Firmicutes*, *Actinobacteria* e *Bacteroidetes* em relação ao controle. Comportamento semelhante foi encontrado nos estudos de Sawulski et al. (2014), onde foi encontrada menor abundância de *Bacteroidetes* em solos contaminados com fluoranteno e fenantreno quando comparados ao controle. Em estudo realizado por Yang et al. (2014) ao investigar as comunidades bacterianas em resposta à contaminação simulada de óleo cru em amostras de solo, observou-se que uma das principais mudanças foi o aumento da abundância relativa de vários filis bacterianos dominantes, como *Proteobacteria* (principalmente subdivisão alfa), *Actinobacteria* e *Firmicutes* e a diminuição da abundância relativa de *Bacteroidetes* e *Acidobacteria*. Das e Kazy (2014) avaliaram a comunidade microbiana a partir de uma amostra de borra oleosa e observaram que membros de *Proteobacteria* foram predominantes (quase 50%) na comunidade bacteriana, seguidos por *Firmicutes* (12,8%), *Bacteroidetes* (10,3%), *Acidobacteria* (6,2%), *Lentisphaerae* (2,5%), *Spirochaetes* (2,1%), *Cloroflexi* (0,5%) e membros não classificados (5%). Estudos mostraram

mudanças na abundância relativa de diversas bactérias dominantes de *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes* e *Acidobacteria* em solo contaminado com hidrocarbonetos (AL-KINDI et al., 2016; DAS & KAZY, 2014; YANG et al., 2014; ZHENG et al., 2018). O grupo *Proteobacteria* tipicamente domina o microbioma de solos contaminados por hidrocarbonetos (YANG et al., 2014; ZENG et al., 2018).

Neste estudo, nos tratamentos com maior quantidade de N e P, destaca-se o aumento da abundância de *Actinobacteria*, quando comparado ao controle. Quando comparado aos tratamentos com menor quantidade de nutrientes (N-P-), observa-se uma maior abundância de *Actinobacteria* e *Firmicutes*. Os filos mais abundantes de cada tratamento foram correlacionados com a taxa de degradação de TPH (Figura 4), podendo-se observar que a taxa de degradação apresentou correlação com a abundância de *Deferribacteres* e *Proteobacteria*.

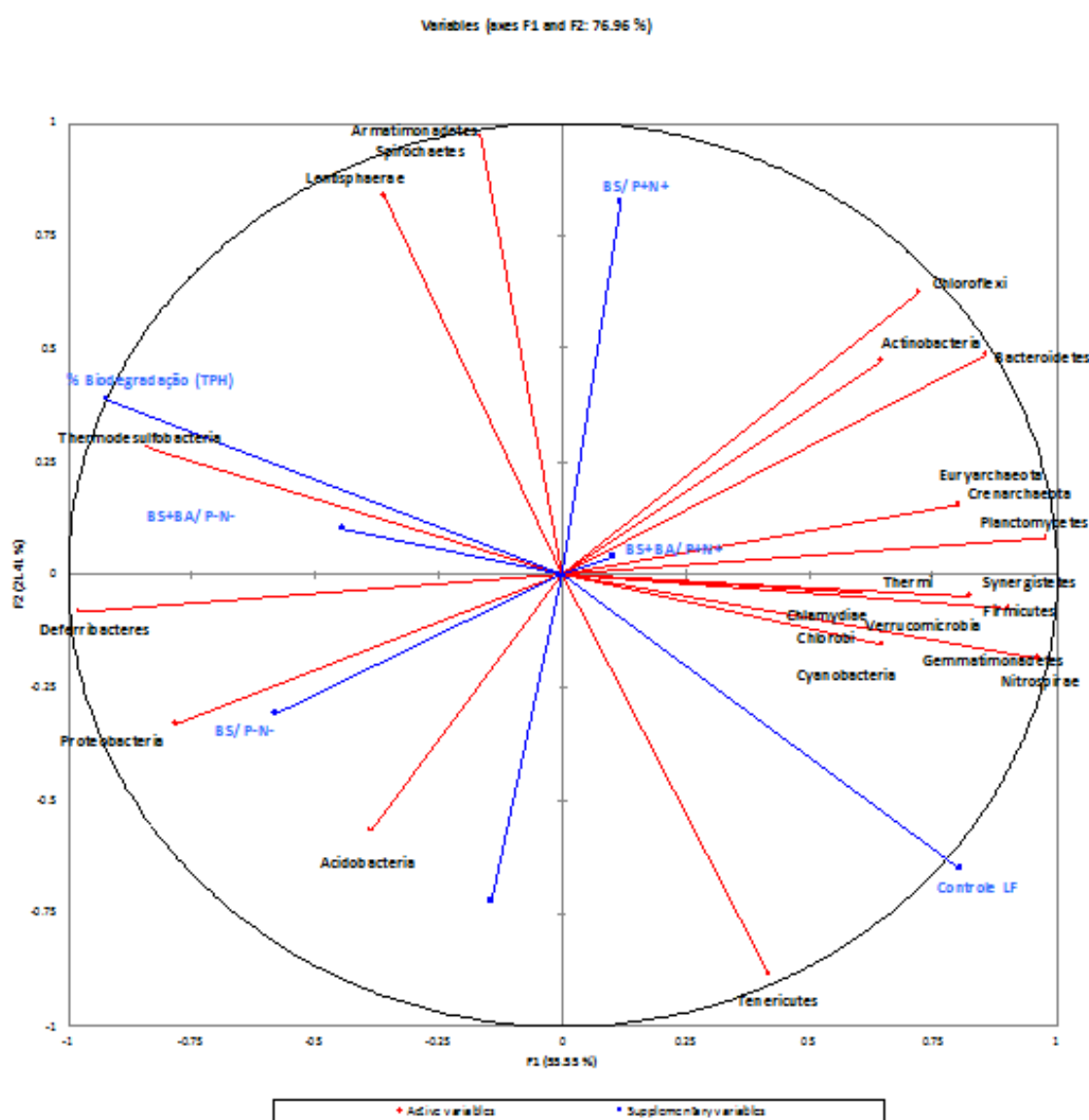


Figura 4- PCA (Análise de Componentes Principais) a nível de filo, % de biodegradação de TPH, e tratamentos com e sem adição de N, P e consórcio bacteriano. Tratamentos: controle, BS/N+P+: bioestimulação com maior concentração de nutrientes; BS+BA/N+P+: bioestimulação com maior concentração de nutrientes + bioaumentação; BS/N-P-: bioestimulação com menor concentração de nutrientes; BS+BA/N-P-: bioestimulação com menor concentração de nutrientes + bioaumentação.

A diversidade de microrganismos do solo é imensa, e microrganismos de solos contaminados possuem genomas evoluídos com potencial para degradação de fontes de carbono variadas através de diversas rotas metabólicas (DAS & CHANDRAM, 2011). Certas fontes de carbono mais recalcitrantes podem demandar vários grupos de bactérias com diferentes potenciais para biossíntese de enzimas e metabólitos secundários, degradando o composto em etapas, até que este seja totalmente (ou parcialmente) mineralizado (COPLEY, 2009). Sabe-se que os microrganismos podem ser separados em copiotróficos ou oligotróficos de acordo com a necessidade de nutrientes (TOURATIER et al., 1999; FIERER et al., 2012; NEWTON & SHADE, 2016). Neste trabalho, a comunidade microbiana apresentou maiores variações de acordo com o nível de nutrientes (N e P) do que com o tipo de tratamento de biorremediação. Não houve diferença estatística nas taxas de degradação de hidrocarbonetos entre os tratamentos (bioestimulação ou bioaugmentação), mas houve mudança significativa entre os filos mais abundantes com o nível de nutrientes do solo. Por exemplo, sob menores teores de N e P, a abundância de *Proteobacteria* duplicou e a *Acidobacteria* aumentou três vezes. Sob um nível mais alto de nutrientes, *Bacteroidetes* aumentaram duas vezes e *Actinobacteria* e *Firmicutes* aumentaram 10 vezes sua abundância. Com resultados semelhantes, Shahi et al. (2016) detectaram *Bacteroidetes* e *Verrucomicrobia* com maior abundância em solos contaminados com petróleo sob maior concentração de nutrientes. Segundo Wu et al. (2017b) durante a remediação de um solo recentemente contaminado, os resultados indicaram que a combinação de bioaugmentação com bioestimulação não favoreceu a degradação de TPH, mas a atividade e a estrutura das comunidades microbianas do solo foram sensíveis à biorremediação em solo altamente contaminado com petróleo. Usando o sequenciamento MiSeq, eles mostraram que a diversidade e a estrutura das comunidades microbianas foram alteradas pelo processo de biorremediação. Fierer et al. (2012) estudaram o microbioma de solo agrícola em gradientes de N, e mostraram uma mudança nos microrganismos predominantes de acordo com o nível de N do solo, a qual estava provavelmente associada com mudanças nas capacidades funcionais dessas comunidades. Importante destacar que a disponibilidade de nutrientes no solo pode variar de acordo com a textura do solo, de modo que o N e o P podem ser mais biodisponíveis em um solo argiloso do que em um solo arenoso.

O sequenciamento Illumina permitiu a classificação taxonômica da comunidade microbiana para 40% das sequências em nível de gênero (Figura 5), mas 60% das sequências não foram classificadas utilizando-se o banco de dados RDP. Além disso, apenas sete gêneros (*Comamonas*, *Bacteroides*, *Brevibacterium*, *Dyella*, *Hylemonella*, *Solimonas* e *Frauteria*) mostraram abundância superior a 1%, e 827 gêneros foram detectados com menos de 0,2% de abundância, compondo parte da microbiota rara. Para facilitar a visualização dos gêneros mais abundantes, os 827 gêneros foram agrupados em uma categoria chamada "outro".



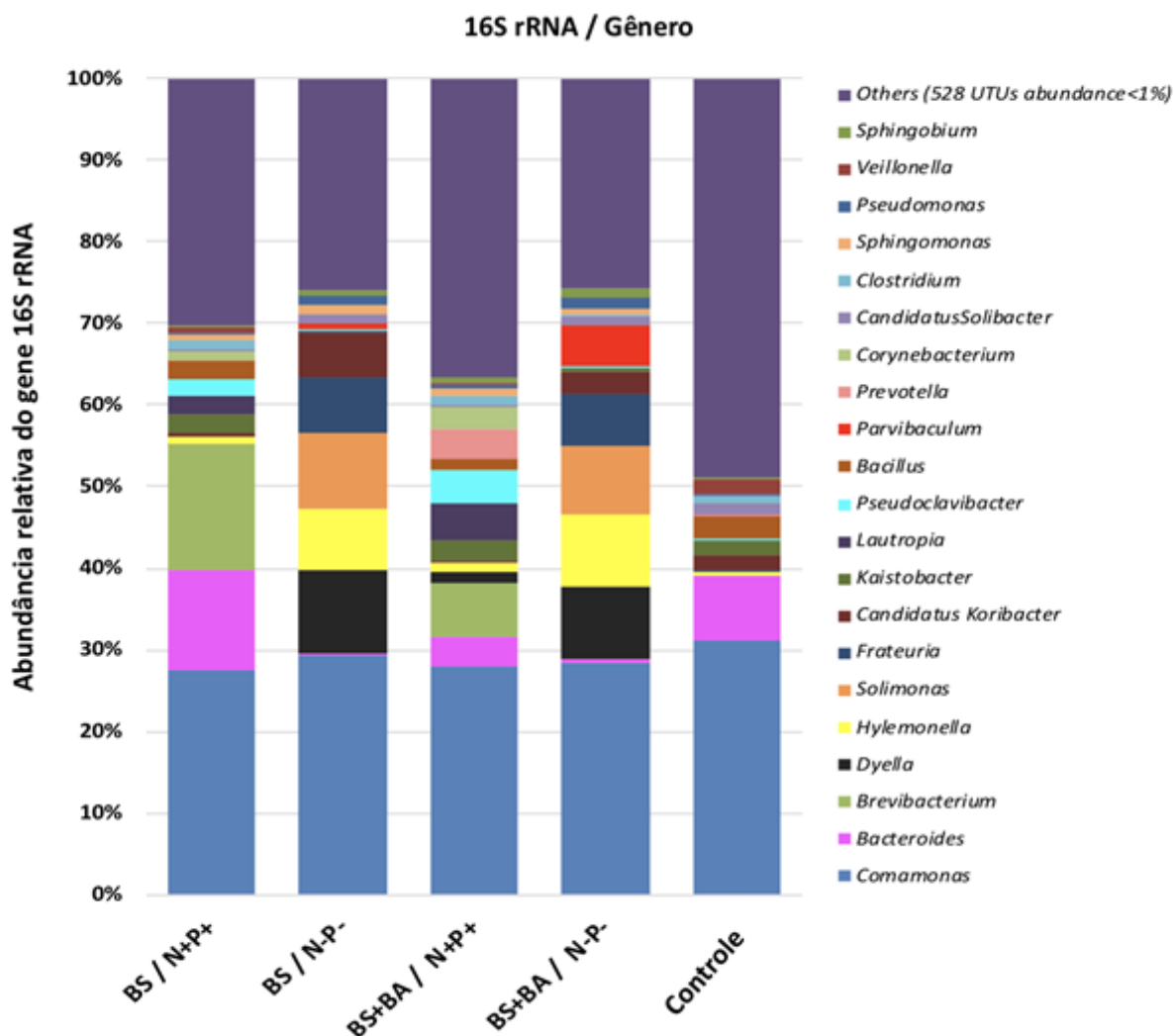


Figura 5- Gêneros determinados por sequenciamento (plataforma Illumina) da comunidade microbiana nos tratamentos: controle; BS/N+P+: bioestimulação com maior concentração de nutrientes; BS+BA/N+P+: bioestimulação com maior concentração de nutrientes + bioaumentação; BS/N-P-: bioestimulação com menor concentração de nutrientes; BS+BA/N-P-: bioestimulação com menor concentração de nutrientes + bioaumentação.

As sequências com $\geq 98\%$ de similaridade foram agrupadas em nível de gênero, utilizando-se agrupamentos classificados e não classificados. A Figura 6 mostra os 30 gêneros mais abundantes de cada estratégia de biorremediação. O índice de riqueza foi calculado e o maior valor foi encontrado na estratégia BS/N-P- (2.195 gêneros). O tratamento controle apresentou o menor índice de riqueza (518 gêneros), evidenciando a diversificação da comunidade microbiana do solo contaminado.

BS / P+N+		BS+BA / P+N+		BS / P-N-		BS+BA / P-N-		Controle	
Gênero	Abundância Relativa (%)	Gênero	Abundância Relativa (%)	Gênero	Abundância Relativa (%)	Gênero	Abundância Relativa (%)	Gênero	Abundância Relativa (%)
<i>Comamonas</i>	18,34	<i>Comamonas</i>	13,48	<i>Comamonas</i>	13,47	<i>Comamonas</i>	13,08	<i>Comamonas</i>	14,01
<i>Brevibacterium</i>	10,33	<i>Brevibacterium</i>	3,16	311	8,21	311	5,82	<i>Bacteroides</i>	3,56
<i>Bacteroides</i>	8,22	<i>Lautropia</i>	2,18	<i>Dyella</i>	4,71	<i>Dyella</i>	4,08	974	3,12
974	5,33	6055	2,18	498	4,62	<i>Hylemonella</i>	4,06	1199	1,67
1199	3,89	<i>Pseudoclavibacter</i>	1,91	<i>Solimonas</i>	4,23	893	4,06	<i>Bacillus</i>	1,16
4899	2,18	224	1,91	1096	4,10	498	4,04	869	1,02
<i>Kaistobacter</i>	1,65	<i>Bacteroides</i>	1,77	<i>Hylemonella</i>	3,43	<i>Solimonas</i>	3,82	311	0,94
<i>Bacillus</i>	1,49	<i>Prevotella</i>	1,72	893	3,43	1096	3,70	<i>Cand. Koribacter</i>	0,80
<i>Lautropia</i>	1,47	<i>Corynebacterium</i>	1,37	<i>Frateuria</i>	3,15	<i>Frateuria</i>	2,87	<i>Kaistobacter</i>	0,80
6055	1,47	<i>Kaistobacter</i>	1,25	<i>Cand. Koribacter</i>	2,45	<i>Parvibaculum</i>	2,22	<i>Veillonella</i>	0,80
<i>Pseudoclavibacter</i>	1,32	4641	1,22	6263	1,17	6530	1,31	5146	0,80
224	1,32	974	0,92	5011	0,81	<i>Cand. Koribacter</i>	1,30	<i>Bifidobacterium</i>	0,73
7165	1,18	5011	0,88	2557	0,75	2557	1,15	6158	0,73
7136	1,13	5934	0,87	<i>Dakdonella</i>	0,73	5011	0,91	<i>Cand. Solibacter</i>	0,58
6346	1,07	<i>Faecaliibacterium</i>	0,81	2805	0,73	4641	0,86	<i>Collinsella</i>	0,58
<i>Clostridium</i>	0,80	<i>Ochrobactrum</i>	0,76	<i>Pseudomonas</i>	0,60	570	0,79	<i>Delftia</i>	0,51
869	0,72	3477	0,73	392	0,57	4506	0,61	2255	0,51
<i>Corynebacterium</i>	0,67	<i>Bacillus</i>	0,70	1966	0,52	6263	0,59	<i>Rhodoplans</i>	0,51
5876	0,66	7165	0,64	271	0,47	<i>Pseudomonas</i>	0,58	1141	0,51
6595	0,65	<i>Dyella</i>	0,64	<i>Sphingomonas</i>	0,47	392	0,54	635	0,44
<i>Hylemonella</i>	0,63	498	0,63	<i>Cand. Solibacter</i>	0,45	<i>Sphingobium</i>	0,49	<i>Clostridium</i>	0,44
893	0,63	2991	0,62	1448	0,42	<i>Cand. Solibacter</i>	0,47	<i>Cytophaga</i>	0,44
1092	0,51	4836	0,60	4641	0,40	1966	0,42	<i>Klebsiella</i>	0,44
<i>Sphingomonas</i>	0,49	2534	0,57	6525	0,39	271	0,41	1092	0,44
<i>Cryocola</i>	0,47	<i>Hylemonella</i>	0,56	4506	0,38	<i>Sphingomonas</i>	0,41	<i>Staphylococcus</i>	0,44
2534	0,46	893	0,56	<i>Pseudoxanthomonas</i>	0,32	6730	0,39	889	0,44
3935	0,43	1056	0,56	2545	0,32	4334	0,37	424	0,36
<i>Klebsiella</i>	0,42	<i>Clostridium</i>	0,54	5706	0,31	<i>Burkholderia</i>	0,35	4088	0,36
6835	0,42	<i>Achromobacter</i>	0,50	1556	0,30	<i>Rhodanobacter</i>	0,34	<i>Cand. Nitrososphaera</i>	0,36
2227	0,41	869	0,49	942	0,30	3768	0,34	1083	0,36
5934	0,40	1833	0,49	570	0,29	<i>Dakdonella</i>	0,33	7268	0,36
<i>Others</i>	69,18		45,23		62,53		60,70		38,17

Figura 6- 30 gêneros mais abundantes e índice de riqueza microbiana, detectados em cada tratamento: controle; BS/N+P+: bioestimulação com maior concentração de nutrientes; BS+BA/N+P+: bioestimulação com maior concentração de nutrientes + bioaumentação; BS/N-P-: bioestimulação com menor concentração de nutrientes; BS+BA/N-P-: bioestimulação com menor concentração de nutrientes + bioaumentação.

O heatmap (Figura 7) mostra claramente a abundância da comunidade microbiana agrupada em 3 grupos distintos, de acordo com os diferentes níveis de nutrientes para cada tratamento. Embora os microrganismos aparentam ser comuns em todos os tratamentos, sua abundância é alterada de acordo com a fonte de nutrientes (com ou sem borra oleosa) e a disponibilidade (nível alto ou baixo de nutrientes). Os resultados reforçam a importância de equilibrar o nível de nutrientes em um solo sob biorremediação, a fim de estimular os microrganismos ideais para otimizar a biodegradação da borra oleosa.

Para todos os tratamentos, incluindo o controle, *Comamonas* destacou-se como o gênero mais abundante. *Bacillus*, *Kaistobacter*, *Brevibacterium*, *Bacteroides*, *Lautropia*, *Pseudoclavibacter* e *Corynebacterium* foram mais abundantes nos tratamentos com maior taxa de C:N:P e no controle. Nos tratamentos com menor taxa de C:N:P, *Candidatus Koribacter*, *Candidatus Solibacter*, *Dakdonella*, *Frateuria* e *Solimonas* foram mais abundantes.

Pode-se destacar que *Comamonas* e *Hylemonella* foram detectadas em todos

os tratamentos com adição de borra oleosa. Cerqueira et al. (2012), em estudos de bioprospecção e seleção de bactérias com potencial de biodegradação, isolaram *Comamonas testosteroni* diretamente da borra oleosa petroquímica. Tem sido também relatado que cepas de *Comamonas testosteroni* degradam o óleo diesel (SALAM et al., 2018).

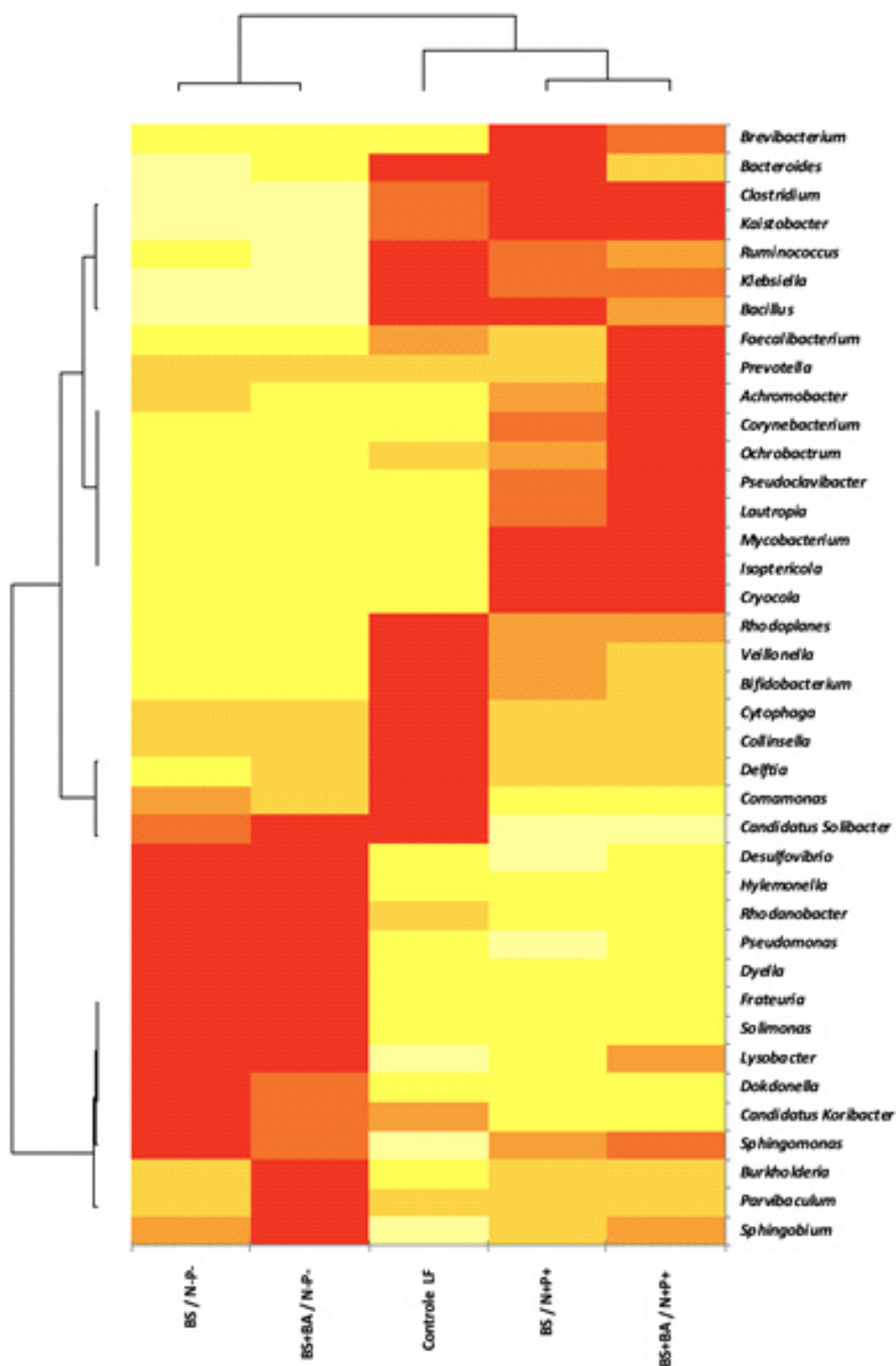


Figura 7- Análise de correlação de gêneros agrupados dentro de cada tratamento baseado no agrupamento ("heatmap"). Tratamentos: controle; BS/N+P+: bioestimulação com maior concentração de nutrientes; BS+BA/N+P+: bioestimulação com maior concentração de nutrientes + bioaumentação; BS/N-P-: bioestimulação com menor concentração de nutrientes; BS+BA/N-P-: bioestimulação com menor concentração de nutrientes + bioaumentação.

O uso de maiores quantidades de N e P mostrou favorecer a abundância de *Bacillus* e as menores quantidades de N e P a abundância de *Pseudomonas* (Figura 6). Diversos microrganismos incluindo *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Klebsiella*, *Stenotrophomonas*, *Sphingomonas*, *Phenylobacterium*, *Halomonas* e *Alcanivorax* têm sido reportados como bactérias degradadoras de hidrocarbonetos (AL-KINDI & ABED, 2016; WU et al., 2017b). Bactérias de vários gêneros, incluindo *Gordonia* e *Rhodococcus* (*Actinobacteria*), *Sphingomonas*, *Acinetobacter* e *Pseudomonas* (*Proteobacteria*) e *Bacillus* e *Exiguobacterium* (*Firmicutes*) são geralmente enriquecidas em solos após a contaminação por hidrocarbonetos. No entanto, as mudanças na magnitude e dinâmica da comunidade microbiana são dependentes do ambiente (por exemplo, tipo de solo), tempo de contaminação, composição de hidrocarbonetos (por exemplo, hidrocarbonetos específicos) e tratamento de remediação (FUENTES et al., 2016).

Espécies pertencentes ao filo *Proteobacteria* foram detectadas em ambientes contaminados com óleo e tem sido evidenciado que este filo contém muitos degradadores de hidrocarbonetos. Gêneros de *Firmicutes* e *Actinobacteria* são conhecidos por sua vasta distribuição em solos contaminados com óleo e contém cepas capazes de degradar hidrocarbonetos alifáticos ou aromáticos, sugerindo que esses filos contém membros importantes para a biorremediação *in situ* de óleo (AL-KINDI & ABED, 2016; FUENTES et al., 2016). *Bacillus*, gênero dominante do filo *Firmicutes*, foi detectado em solos contaminados com participação ativa no processo de degradação (AL-KINDI & ABED, 2016). *Corynebacterium* está entre os gêneros detectados de *Actinobacteria*, conhecido por degradar hidrocarbonetos (AL-KINDI & ABED, 2016). Foi relatado que membros de *Bacteroidetes* estão presentes em solo contaminado com hidrocarbonetos (SAWULSKI et al., 2014). Membros de *Acidobacteria* foram também relatados serem altamente adaptáveis, metabolicamente flexíveis e amplamente distribuídos em ambientes contaminados por hidrocarbonetos (DAS & KAZY, 2014).

A biorremediação de hidrocarbonetos usando microrganismos do solo tem mostrado resultados promissores no tratamento de uma ampla variedade de contaminantes orgânicos (BALBA et al., 1998; BENTO et al., 2005; TAHHAN & ABU-ATEIH, 2009; CERQUEIRA et al., 2014; ROY et al., 2014; de QUADROS et al., 2016; KOSLAF et al., 2016; SIDDIQUI et al., 2016; PACWA- PŁOCINICZAK et al., 2016; WU et al., 2017a), e com o aumento de fontes poluentes de hidrocarbonetos sendo dispostas no ambiente, é fundamental conhecer os mecanismos microbianos de biodegradação a fim de otimizar o processo. No presente estudo, todos os tratamentos apresentaram degradação de TPH acima de 78% após 90 dias de experimento, o que é uma taxa satisfatória e indica que tanto a bioestimulação quanto a bioaugmentação mostraram-se eficazes para biorremediar a borra oleosa. Sheng et al. (2016) observaram que as mais abundantes bactérias em uma amostra contaminada dependem do tipo de hidrocarboneto em maior concentração. De Quadros et al. (2016) observaram que cada estratégia de biorremediação foi eficiente na degradação de hidrocarbonetos específicos, através de alta correlação entre abundância de gêneros específicos e altas taxas de degradação de hidrocar-

bonetos alifáticos e policíclicos aromáticos. De la Cueva et al. (2016) estudaram um solo contaminado com hidrocarbonetos de petróleo e encontraram *Acinetobacter* como o gênero mais abundante, seguido por *Pedomicrobium* e *Rhizobium*. Em estudo realizado por Morelli et al. (2005), observou-se que os solos contaminados com 2,5% de borra apresentaram a maior diversidade de gêneros entre as bactérias degradadoras de hidrocarbonetos, *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Agrobacterium* e *Comamonas*. Em um sistema de solo contendo 5% de borra, os gêneros predominantes foram *Alcaligenes* e *Pseudomonas*, e no sistema contendo 10% de borra, os gêneros predominantes foram *Pseudomonas*, *Comamonas*, *Alcaligenes*, *Sphingomonas*, *Chryseomonas* e *Pasteurella*. Portanto, dependendo do tipo e quantidade do contaminante, pode ser usada uma diferente estratégia para melhorar sua biodegradação.

O conhecimento sobre a composição da comunidade microbiana de um solo proveniente do sistema de *landfarming* (recebe resíduos há mais de 30 anos) e do nível de nutrientes é essencial para otimizar as condições de biodegradação nos processos de biorremediação. Neste estudo, a estrutura da comunidade bacteriana resultante mostrou ser dependente da concentração de nutrientes e da presença do consórcio bacteriano, mostrando influência na eficiência da biodegradação. Contudo, a reintrodução de microrganismos indígenas previamente adaptados (bio-aumentação) não mostrou ser a estratégia de biorremediação mais interessante, embora tenha aumentado a diversidade microbiana no solo quando em maior quantidade de nutrientes. Desta forma, maior taxa de biodegradação dos hidrocarbonetos presentes no resíduo avaliado pode ser otimizada, com a correção dos nutrientes minerais, devendo ser fornecidas melhores condições química, física e biológica ao solo para favorecer os microrganismos degradadores de hidrocarbonetos. Estudos sobre biorremediação de solos contaminados com borra oleosa são extremamente importantes, tendo em vista a necessidade de otimização dessa técnica ambientalmente interessante.

4. CONCLUSÃO

A maior degradação de TPH ocorreu quando foi utilizado nível mais baixo de N e P, embora não tenha apresentado diferença significativa. A comunidade microbiana apresentou diferenças entre os tratamentos, variando de acordo com o nível de nutrientes no solo. A abundância de *Proteobacteria* e *Acidobacteria* aumentou significativamente sob menores quantidades de N e P, assim como aumentaram a abundância de *Bacteroidetes*, *Actinobacteria* e *Firmicutes* sob níveis mais elevados de nutrientes. Este estudo mostrou que a aplicação de diferentes tratamentos e níveis de nutrientes provocou alterações nas taxas de degradação e nas comunidades microbianas, evidenciando a importância do monitoramento populacional microbiano, a fim de otimizar os processos de biorremediação da borra oleosa.



Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul) e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo apoio financeiro.

Referências

- AL-KINDI, S.; ABED, R.M.M. Effect of biostimulation using sewage sludge, soybean meal, and wheat straw on oil degradation and bacterial community composition in a contaminated desert soil. **Frontiers in Microbiology**, v.7, p. 1-14, 2016.
- BALBA, M.T.; AL-DAHER, R.; AL-AWADHI, N.; CHINO, H.; TSUJI, T. Bioremediation of oil-contaminated desert soil: The Kuwaiti experience. **Environment International**, v.24, p. 163-173, 1998.
- BASTIDA, F.; JEHLICH, N.; LIMA, K.; MORRIS, B.E.L.; RICHNOW, H.H.; HERNANDEZ, T.; von BERGEN, M.; GARCIA, C. The ecological and physiological responses of the microbial community from a semiarid soil to hydrocarbon contamination and its bioremediation using compost amendment. **Journal of Proteomics**, v. 135, p. 162–169, 2016.
- BENTO, F.M.; CAMARGO, F.A.O.; OKEKE, B.C.; FRANKENBERGER, W.T. Comparative bioremediation of soils contaminated with diesel oil by natural attenuation, biostimulation and bioaugmentation. **Bioresource Technology**, v. 96, p.1049–1055, 2005.
- CAPORASO, J.G.; LAUBER, C.L.; WALTERS, W.A.; BERG-LYONS, D.; LOZUPONE, C.A.; TURNBAUGH, P.J.; FIERER, N.; KNIGHT, R. Global patterns of 16S rRNA diversity at a depth of millions of sequences per sample. **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, 108, p. 4516-4522, 2010.
- CERQUEIRA, V.S.; HOLLENBACH, E.B.; MABONI, F.; VAINSTEIN, M.H.; CAMARGO, F.A.O.; PERALBA, M.C.R.; BENTO, F.M. Biodegradation potential of oily sludge by pure and mixed bacterial cultures. **Bioresource Technology**, v.102, p. 11003-11010, 2011.
- CERQUEIRA, V.S.; HOLLENBACH, E.B.; MABONI, F.; CAMARGO, F.A.O.; PERALBA, M.C.R.; BENTO, F.M. Bioprospection and selection of bacteria isolated from environments contaminated with petrochemical residues for application in bioremediation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, p. 1203–1222, 2012.
- CERQUEIRA, V.S.; PERALBA, M.C.R.; CAMARGO, F.A.O.; BENTO, F.M. Comparison of bioremediation strategies for soil impacted with petrochemical oily sludge. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 95, p.338–345, 2014.
- COLE, J.R.; WANG, Q.; CARDENAS, E.; FISH, J.; CHAI, B.; FARRIS, R.J.; KULAM-SYED-MOHIDEEN, A.S.; MCGARRELL, D.M.; MARSH, T.; GARRITY, G.M.; TIEDJE, J.M. The ribosomal database project: improved alignments and new tools for rRNA analysis. **Nucleic Acids Research**, v.37, p. 141-145, 2009.
- COPLEY, S.D. Evolution of Efficient Pathways for Degradation of Anthropogenic Chemicals. **Nature Chemical Biology**, v.5, p.559-566, 2009.
- DAS, N.; CHANDRAN, P. Microbial Degradation of Petroleum Hydrocarbon Contaminants: An Overview. **Biotechnology Research International**, v. 2011, p. 1-13, 2011.
- DAS, R.; KAZY, S.K. Microbial diversity, community composition and metabolic potential in hydrocarbon contaminated oily sludge: prospects for in situ bioremediation. **Environmental Science and Pollution Research**, v.21, p.7369–7389, 2014.



de la CUEVA, S.C.; RODRÍGUEZ, C.H.; CRUZ, N.O.S.; CONTRERAS, J.A.R.; MIRANDA, J.L. Changes in Bacterial Populations During Bioremediation of Soil Contaminated with Petroleum Hydrocarbons. **Water, Air & Soil Pollution**, v.227, n. 91, p. 1-12, 2016.

de QUADROS, P.D.; CERQUEIRA, V.S.; CAZAROLLI, J.C.; PERALBA, M.C.R.; CAMARGO, F.A.O.; GIONGO, A.; BENTO, F.M. Oily sludge stimulates microbial activity and changes microbial structure in a landfarming soil. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 115, p. 90-101, 2016.

FAGEN, J.R.; GIONGO, A.; BROWN, C.T.; DAVIS-RICHARDSON, A.; GANO, K.A.; TRIPLETT, E.W. Characterization of the relative abundance of the citrus pathogen *Ca. Liberibacter asiaticus* in the microbiome of its insect vector, *Diaphorina citri*, using high throughput 16S rRNA sequencing. **The Open Microbiology Journal**, v.6, p.29-33. 2012.

FIERER, N.; LAUBER, C.L.; RAMIREZ, K.S.; ZANEVELD, J.; BRADFORD, M.A.; KNIGHT, R. Comparative metagenomic, phylogenetic, and physiological analyses of soil microbial communities across nitrogen gradients. **The ISME Journal - International Society for Microbial Ecology**, v.6, p.1007-1017, 2012.

FUENTES, S.; BARRA, B.; CAPORASO, G.; SEEGERA, M. From Rare to Dominant: a Fine-Tuned Soil Bacterial Bloom during Petroleum Hydrocarbon Bioremediation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 82, p.888-896, 2016.

GHOREISHI, G.; ALEMZADEH, A.; MOJARRAD, M.; DJAVAHARI, M. Bioremediation capability and characterization of bacteria isolated from petroleum contaminated soils in Iran. **Sustainable Environment Research**, v.27, p.195-202, 2017.

GIONGO, A.; CRABB, D.B.; DAVIS-RICHARDSON, A.G.; CHAULIAC, D.; MOBBERLEY, J.M.; GANO, K.A.; MUKHERJEE, N.; CASELLA, G.; ROESCH, L.F. WALTERS, B.; RIVA, A.; KING, G.; TRIPLETT, E.W. PANGEA: pipeline for analysis of next generation amplicons. **The ISME Journal, International Society for Microbial Ecology**, v. 4, p. 852-861, 2010.

HE, Y.M.; DUAN, X.G.; LIU, Y.S. Enhanced bioremediation of oily sludge using co-culture of specific bacterial and yeast strains. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v.89, p. 1785-1792, 2014.

HU, G.; LI, J.; ZENG, G. Recent development in the treatment of oily sludge from petroleum industry: A review. **Journal of Hazardous Materials**, v. 261, p. 470-490, 2013.

HUANG, X.; WANG, J.; ALURU, S.; YANG, S.P.; HILLIER, L. PCAP: a whole genome assembly program. **Genome Research**, v.13, p. 2164-2170, 2003.

JACQUES, R.J.S.; BENTO, F.M.; ANTONIOLLI, Z.I.; CAMARGO, F.A.O. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. **Ciência Rural**, v. 37, p.1192-1201, 2007.

JASMINE, J.; MUKHERJI, S. Characterization of oily sludge from a refinery and biodegradability assessment using various hydrocarbon degrading strains and reconstituted consortia. **Journal of Environmental Management**, v. 149, p. 118-125, 2015.

JOHNSON, J.S.; SPAKOWICZ, D.J.; HONG, B.; PETERSEN, L.M.; DEMKOWICZ, P.; CHEN, L.; LEOPOLD, S.R.; HANSON, B.M.; AGRESTA, H.O.; GERSTEIN, M.; SODERGREN, E.; WEINSTOCK, G.M. Evaluation of 16S rRNA gene sequencing for species and strain-level microbiome analysis. **Nature Communications**, 10:5029, p. 1-11, 2019.

KOSLAF, E.; SHAHSAVARI, E.; ABURTO-MEDINA, A.; TAHA, M.; HALEYUR, N.; MAKADIA, T.H.; MORRISON, P.D.; BALL, A.S. Bioremediation potential of diesel-contaminated Libyan soil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 133, p. 297-305, 2016.

MAIER, R. M. & GENTRY, T. T. Microorganisms and Organic Pollutants. Chapter 17. In: **Environmental Microbiology**, 3 edition, p. 377 - 413, 2015.

MORELLI, I.S.; DEL PANNO, M.T.; DE ANTONI, G.L.; PAINCEIRA, M.T. Laboratory study on the bioremediation of petrochemical sludge contaminated soil. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v.55, p.271-278, 2005.

NEWTON, R.J.; SHADE, A. Lifestyles of rarity: understanding heterotrophic strategies to inform the ecology of the microbial rare biosphere. **Aquatic Microbial Ecology**, v.78, p.51-63, 2016.

PACWA- PŁOCINICZAK, M.; PLAZAB, G.A.; PIOTROWSKA-SEGETA, Z. Monitoring the changes in a bac-



- terial community in petroleum-polluted soil bioaugmented with hydrocarbon-degrading strains. **Applied Soil Ecology** v. 105, p. 76-85, 2016.
- ROY, A.; PAL, S.; KAZY, S.K.; SARKAR, P.; SAR, P.; GHOSHAL, A.K. Characterization of culturable bacterial communities in petroleum hydrocarbon contaminated sludge of oil refineries and oil exploration sites. **Journal of Environmental Research and Development**, v. 8, p.451-458, 2014.
- ROY, A.; DUTTA, A.; PAL, S.; GUPTA, A.; SARKAR, J.; CHATTERJEE, A.; SAHA, A.; SARKAR, P.; SAR, P.; KAZY, S.K. Biostimulation and bioaugmentation of native microbial community accelerated bioremediation of oil refinery sludge. **Bioresource Technology**, v.253, p. 22-32, 2018.
- SALAM, L.B.; ILORI, M.O.; AMUND, O.O.; LIIMIEN, Y.; NOJIRI, H. Characterization of bacterial community structure in a hydrocarbon-contaminated tropical African soil. **Environmental Technology**, v.39, p. 939-951, 2018.
- SARKAR, J.; KAZY, K.; GUPTA, A.; DUTTA, A.; MOHAPATRA, B.; ROY, A.; BERA, P.; MITRA, A.; SAR, P. Bio-stimulation of Indigenous Microbial Community for Bioremediation of Petroleum Refinery Sludge. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, n.1407, p. 1-20, 2016.
- SAWULSKI, P.; CLIPSON, N.; DOYLE, E. Effects of polycyclic aromatic hydrocarbons on microbial community structure and PAH ring hydroxylating dioxygenase gene abundance in soil. **Biodegradation**, v.25, p.835-847, 2014.
- SHAHI, A.; AYDIN, S.; INCE, B.; INCE, O. Reconstruction of bacterial community structure and variation for enhanced petroleum hydrocarbons degradation through biostimulation of oil contaminated soil. **Chemical Engineering Journal**, v. 306, p. 60-66, 2016.
- SHENG, Y.; WANG, G.; HAO, C.; XIE, Q.; ZHANG, Q. Microbial community structures in petroleum contaminated soils at an oil field, Hebei, China. **Clean soil, air, water**, v. 44, 829-839, 2016.
- SIDDIQUI, S.; SATTAR, S.; BANO, A.; SHAHZAD, A. Quantifying the effect of microbial consortium and alfalfa to accelerate the degradation of oily sludge. **Journal of Himalayan Earth Sciences**, v. 49, p.117-123, 2016.
- SILES, J.A.; MARGESIN, R. Insights into microbial communities mediating the bioremediation of hydrocarbon-contaminated soil from an Alpine former military site. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 102, 4409-4421, 2018.
- SUGANTHI, S.H.; MURSHID, S.; SRIRAM, S.; RAMANI, K. Enhanced biodegradation of hydrocarbons in petroleum tank bottom oil sludge and characterization of biocatalysts and biosurfactants. **Journal of Environmental Management**, v.220, p. 87-95, 2018.
- TAHHAN, R.A.; ABU-ATEIH, R.Y. Biodegradation of petroleum industry oily-sludge using Jordanian oil refinery contaminated soil. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 63, p. 1054-1060, 2009.
- TOURATIER, F.; LEGENDRE, L.; VÉZINA, A. Model of bacterial growth influenced by substrate C:N ratio and concentration. **Aquatic Microbial Ecology**, v.19, p.105-118, 1999.
- TYAGI, M.; FONSECA, M.M.R.; CARVALHO, C.C.C.R. Bioaugmentation and biostimulation strategies to improve the effectiveness of bioremediation processes. **Biodegradation**, v. 22, p. 231-241, 2011.
- UBANI, O.; ATAGANA, H.I.; THANTSHA, M.S. Biological degradation of oil sludge: a review of the current state of development. **African Journal of Biotechnology**, 12, 47, p.6544-6567, 2013.
- WU, M.; LI, W.; DICK, W.A.; YE, X.; CHEN, K.; KOST, D.; CHEN, L. Bioremediation of hydrocarbon degradation in a petroleum-contaminated soil and microbial population and activity determination. **Chemosphere**, v.169, p.124-130, 2017a.
- WU, M.; YE, X.; CHEN, K.; LI, W.; YUAN, J.; JIANG, X. Bacterial community shift and hydrocarbon transformation during bioremediation of short-term petroleum-contaminated soil. **Environmental Pollution** 223, 657-664, 2017b.
- YANG, S.; WEN, X.; ZHAO, L.; SHI, Y.; JIN, H. Crude Oil Treatment Leads to Shift of Bacterial Communities in Soils from the Deep Active Layer and Upper Permafrost along the China-Russia Crude Oil Pipeline Route. **PLOS ONE**, v.9, e96552, 2014.

ZHENG, J.; FENG, J.Q.; ZHOU, L.; MBADINGA, S.M.; GU, J.D.; MU, B.Z. Characterization of bacterial composition and diversity in a long-term petroleum contaminated soil and isolation of high-efficiency alkane degrading strains using an improved medium. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, 34, 2018.



CAPÍTULO 16

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CULTIVARES DE SOJA COM E SEM APLICAÇÃO DE POTÁSSIO NA SEMEADURA

INITIAL DEVELOPMENT OF SOYBEAN CULTIVARS WITHOUT POTASSIUM APPLICATION AT SOWING

Acássio Nadson Gomes Freitas
Andressa Missele Palsikowski
André Ivo de Oliveira Souza
Alberto do Nascimento Silva
Cleuber Sousa de Oliveira
Daniel Souza Barboza
Elaine de Souza Prado
Marilucia de Jesus Gomes
Naiara Paes Landim da Silva
Rillary Biannca de Oliveira Alves

Resumo

O potássio está entre os nutrientes mais exigidos pela cultura da soja, ficando atrás apenas do nitrogênio. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial de cultivares de soja com e sem aplicação de potássio na semeadura. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, na área experimental da Universidade do Estado da Bahia, Campus IX, em Barreiras-BA. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (3x2), com quatro repetições. Os fatores foram compostos por: três cultivares de soja (BRS 8781RR, BRS 8349 IPRO e BRS 8980) com (60 kg ha⁻¹, recomendado de acordo com a análise de solo) e sem adubação potássica na semeadura. Foram avaliados a altura de plantas, diâmetro da haste, estágio fenológico, e o comprimento e largura das folhas. Todas as avaliações foram feitas aos 25 dias após a emergência da cultura. Os dados foram submetidos à análise de variância e foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparar as médias, utilizando o software SISVAR. A interação entre os fatores não foi significativa. Foi observado efeito das doses de K apenas no número de folhas por plantas, no qual, o maior número de folhas foi obtido quando não houve aplicação de potássio na semeadura. Portanto, provavelmente, devido ao alto teor de potássio já observado no solo antes da implantação do experimento, a aplicação de potássio na semeadura não influencia as características morfológicas das cultivares BRS 8781RR, BRS 8349 IPRO e BRS 8980 IPRO.

Palavras chave: adubação potássica, *Glycine max*, Cerrado

Abstract

Potassium is among the nutrients most demanded by soybean crops, second only to nitrogen. Therefore, the objective of this work was to evaluate the initial development of soybean cultivars with and without potassium application at sowing. The experiment was carried out in a greenhouse, in the experimental area of the State University of Bahia, Campus IX, in Barreiras-BA. A completely randomized design (DIC) was used, in a factorial scheme (3x2), with four replications. The factors were composed by: three soybean cultivars (BRS 8781RR, BRS 8349 IPRO and BRS 8980) with (60 kg ha⁻¹, recommended according to the soil analysis) and without potassium fertilization at sowing. Plant height, stem diameter, phenological stage, and leaf length and width were evaluated. All evaluations were made at 25 days after the emergence of the culture. The data were submitted to analysis of variance and the Tukey test at 5% probability was used to compare the means, using the SISVAR software. The interaction between the factors was not significant. The effect of K doses was observed only on the number of leaves per plant, in which the highest number of leaves was obtained when there was no application of potassium at sowing. Therefore, probably, due to the high potassium content already observed in the soil before the implementation of the experiment, the application of potassium at sowing does not influence the morphological characteristics of the cultivars BRS 8781RR, BRS 8349 IPRO and BRS 8980 IPRO.

Keywords: potassium fertilization, *Glycine max*, Cerrado.



1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma das culturas que mais cresceram nas últimas três décadas, apresentando uma área de cultivo que corresponde atualmente mais de 50% de toda área cultivada com grãos no Brasil. A grande área de cultivo de soja (33 milhões de hectares, CONAB, 2016) e sua expansão para novos Estados, enfatizam a necessidade aumentar o rendimento e a qualidade das sementes produzidas. Vários fatores atuam limitando a produção, um desses fatores é o manejo inadequado dos nutrientes (Sediyama, 2016). Um adequado fornecimento de nutrientes além de afetar o desenvolvimento das plantas também influencia a composição química das sementes (Veiga et al., 2010). O potássio (K) está entre os nutrientes mais exigidos pela soja, ficando atrás apenas do nitrogênio (N) que é suprido pela fixação biológica (HUNGRIA, et al, 2001), sendo que em cada 1.000 kg de sementes produzidas são exportados 20 kg de K₂O (Mascarenhas et al., 2004). O potássio faz parte do processo de regulação da abertura e fechamento dos estômatos, deficiência dele, além de prejudicar o funcionamento de várias enzimas e facilitar a penetração dos fungos patogênicos nas plantas, provoca a diminuição na taxa fotossintética, redução na qualidade das sementes (Sfredo, 2008).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A soja (*Glycine max*), pertencente a família da Fabaceae, é uma planta herbácea (Gazzoni, 2017). De acordo com a CONAB, na safra 2017/18 no Brasil foram produzidos 119.281 milhões de toneladas de soja, com uma área plantada de 35.151 mil hectares. Na safra de 2018/19 a produção decaiu para 114.344 milhões de toneladas em uma área plantada de 35.821 mil hectares.

Ficando atrás apenas do nitrogênio, o potássio é o segundo elemento absorvido em grandes quantidades pela planta da soja sendo que, em cada 1000 kg de sementes produzidas são extraídos 20 kg de K₂O (Mascarenhas, 2003). Em condições de baixo teor de potássio no solo pode ocorrer a deficiência desse elemento nas folhas, onde irá constatar sintomas como haste verde, retenção foliar e formação de frutos partenocárpico na. A maneira mais adequada de se evitar tal situação é a manutenção da relação de bases Ca+Mg/K entre 23 e 28, pois acima desses valores já se pode constatar deficiência de potássio (Mascarenhas, 2003).

A deficiência de potássio em soja causa a redução da taxa de crescimento das plantas. Isso se manifesta antes do aparecimento de sintomas visuais (Wendling, 2005), que surgem apenas em casos de deficiência mais severos. Esses sintomas são predominantemente manchas amarelas (cloróticas) a partir das bordas das folhas mais velhas, chegando à necrose; maturação desuniforme; retenção foliar; legumes verdes e chochos; e grãos pequenos, enrugados e deformados (Vedelago,



2014).

3. METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, na área experimental da Universidade do Estado da Bahia – UNEB / Campus IX em Barreiras-BA, (12° 8' 39.5" S e 44° 57' 49.20" W). A temperatura média anual em Barreiras é de 24.9 °C e apresenta uma média anual da pluviosidade de 1045mm sendo junho o mês mais seco, o experimento foi conduzido no período de abril a maio de 2019. O solo utilizado para semeadura da soja foi caracterizado com LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico de textura arenosa e apresenta as seguintes características na camada de 0-20 cm: pH (em água) = 5,98; Ca ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 1,86; Mg ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 0,61; K (mg dm^{-3}) = 72,21; H + Al ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 2,30; P (mg dm^{-3}) = 22,49; matéria orgânica (%) = 2,54. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (3x2), com quatro repetições. Os fatores foram compostos por: três cultivares de soja (BRS 8781RR, BRS 8349 IPRO e BRS 8980) e com (60 kg ha^{-1} , recomendado de acordo com a análise de solo) e sem adubação potássica na semeadura. Para avaliação da aplicação de potássio no crescimento inicial das cultivares de soja, foram mensurados: Altura de plantas, diâmetro da haste, estágio fenológico, e o comprimento e largura das folhas. Todas as avaliações foram feitas aos 25 dias após a emergência da cultura. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e foi utilizado o teste de média de Tukey a 5% de probabilidade para comparar as médias, utilizando o software SISVAR.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A interação entre os fatores não foi significativa para nenhuma das variáveis estudadas (tabela-1). Analisando as cultivares, de modo geral, a BRS 8781 RR apresentou a maior altura de plantas (30,40 cm); maior diâmetro da haste (0,86 cm); maior comprimento da folha (7,01 cm). Quanto à largura das folhas e número de folhas por planta, não foi observado diferença entre as cultivares. Foi observado efeito das doses de K apenas no número de folhas por plantas, no qual, o maior número de folhas foi obtido quando não houve aplicação de potássio na semeadura. Portanto, provavelmente devido ao alto teor de potássio já observado no solo antes da implantação do experimento, a aplicação de potássio na semeadura não influencia as características morfológicas das cultivares BRS 8781RR, BRS 8349 IPRO e BRS 8980 IPRO. Segundo BERNARDI (2009), deve-se evitar altas doses de potássio na semeadura, em razão do efeito salino e em algumas situações ocorre perdas por lixiviação. Portanto devido ao alto teor de potássio ($72,21 \text{ mg dm}^{-3}$). Segundo o Instituto Agronômico de São Paulo-SP (IAC), para culturas perenes, que é o caso da soja, o teor de acima de 60 mg dm^{-3} é considerado muito alto.



Tratamento	Altura	Diâm. Haste	Folha		
			Número	Comprimento	Largura
Dose de K na semeadura (kg ha ⁻¹)					
0	25,3 a	0,65 a	4,13 a	6,29 a	4,22 a
60	24,3 a	0,71 a	3,66 b	6,46 a	4,28 a
Variedade					
BRS 8390	21,80 b	0,46 b	3,80 a	6,17 ab	4,38 a
BRS 8349 IPRO	22,90 b	0,72 ab	3,80 a	5,95 b	4,10 a
BRS 8781 RR	29,75 a	0,86 a	4,10 a	7,01 a	4,27 a

Tabela 1- Valores médios de altura de plantas (cm), diâmetro da haste (cm), número de folhas, comprimento da folha (cm) e largura da folha (cm), de três variedades de soja, cultivadas com e sem adubação potássica na semeadura

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Fonte: Própria (2019).

5. CONCLUSÃO

Desta forma, devido ao alto teor de potássio (K) já presente no solo, a aplicação de K na semeadura não influenciou as características morfológicas das cultivares, BRS 8781RR, BRS 8349 IPRO e BRS 8980.

Referências

- BERNARDI, AC de C. et al. **Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto**. Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2009.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acomp. Safra bras. grãos, v. 6 – safra 2018/19 – Décimo levantamento, Brasília, p. 1-113. Julho, 2019.
- CONAB (2016) - Acompanhamento safra brasileira de grãos. vol. 7- Safra 2015/16 – Sétimo levantamento. **Companhia Nacional de Abastecimento Brasília**. p. 1-158.
- GAZZONI, Décio Luiz. **Soja e abelhas**. Brasília, DF: Embrapa, 201, 2017.
- HUNGRIA, Mariangela; CAMPO, Rubens José; MENDES, I. de C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2001.
- Levantamento. **Companhia Nacional de Abastecimento Brasília**. p. 1-158.
- Mascarenhas, H.A.A.; Tanaka, R.T.; Wutke, E.B.; Braga, N.R. e Miranda, M. A.C. (2004) - **Potássio para a soja**. Informações Agrônômicas, n. 105, p. 1-2.
- Sedyama, T. (2016) - **Produtividade da soja**. Ed. 1, Mecenas, Londrina. 310 p.
- Sfredo, G.J. (2008) - **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. Londrina.

VEDELAGO, A. **Adubação Para a Soja em Terras Baixas Drenadas no Rio Grande do Sul. Porto Alegre.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. 83p.

Veiga, A.D.; Von Pinho, E.V.R.; Veiga, A.D.; Pereira, P.H.A.R.; Oliveira, K.C. e Von Pinho, R.G. (2010) - **Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja.** Ciência e Agrotecnologia, vol. 34, n. 4, p. 953-960.

WENDLING, A. **Recomendação de nitrogênio e potássio para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai.** Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 160p.



CAPÍTULO 17

MORFOMETRIA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE *Amburana cearensis* (FR.ALL.) A.C. SMITH

MORPHOMETRY OF SEEDS AND SEEDLINGS OF *Amburana cearensis*
(Fr.All.) A.C. Smith

**Aderlaine Carla de Jesus Costa
Sabrina Gonçalves Vieira de Castro
Luiz Henrique Arimura Figueiredo
Cristiane Alves Fogaça**

Resumo

O trabalho teve como objetivo estudar a morfometria de sementes e plântulas de *Amburana cearensis*. Para a análise biométrica foram medidos o comprimento, largura e espessura de 100 sementes com o auxílio do paquímetro digital, precisão de 0,01 mm. A caracterização das sementes e plântulas foram realizadas visualmente com auxílio de lupa de mesa com luz fluorescente de 6 aumentos (6x). A fim de facilitar o corte longitudinal para a observação da estrutura interna das sementes, as mesmas foram submetidas a embebição por 24 horas. Para a observação do processo de germinação, 20 sementes foram submetidas ao preparo anteriormente citado e colocadas sobre e entre areia autoclavada em bandejas plásticas e mantidas em condição de laboratório, registrando o desenvolvimento através de fotografias. *Amburana cearensis* apresenta sementes do tipo não estenospérmicas, aladas, bitegumentadas, exalbuminosas e com tegumento duro. Embrião é axial, com cotilédones planos, carnosos, eixo hipocótilo-radícula curto e parcialmente envolvido pelos cotilédones, e plúmula não visível. A germinação é do tipo fanerocotiledonar hipógea com cotilédones de reserva.

Palavras chave: Biometria, Germinação, Morfologia, *Amburana-de-cheiro*

Abstract

The work aimed to study the morphometry of seeds and seedlings of *Amburana cearensis*. For a biometric analysis, the length, width and thickness of 100 seeds were measured with the aid of a digital caliper, precision of 0.01 mm. A characterization of seeds and seedlings was visualized with the aid of a table magnifier with 6-point fluorescent light (6x). In order to facilitate the longitudinal cut for the observation of the internal structure of the seeds, as they were subjected to an imbibition for 24 hours. For an observation of the germination process, 20 seeds were submitted to the preparation previously mentioned and placed on and between the autoclaved sand in plastic trays and kept in laboratory conditions, registering or developing through photographs. *Amburana cearensis* presents non-stereospatial, winged, bitegumented, exalbuminous seeds and with hard integument. Embryo is axial, with flat, fleshy cotyledons, short hypocotyl-root axis and included by cotyledons, and plumule not visible. Germination is of the hypogean type fanerocotizer with reserve cotyledons.

Key-words: Biometrics, Germination, Morphology, *Amburana cearensis*



1. INTRODUÇÃO

A espécie florestal *Amburana cearensis* (Fr.All.) A.C. Smith, também conhecida como amburana-de-cheiro, imburana, pertence à família Fabaceae. Esta espécie tem grande importância econômica com potencial elevado para utilização da madeira para móveis de luxo, além da importância medicinal e emprego desta em reflorestamentos e na recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 2008).

Atualmente, vem aumentando o número de pesquisas sobre a biometria de sementes florestais, pois estes são capazes de fornecer informações importantes que auxiliam no entendimento de fatores como dispersão e estabelecimento de plântulas de uma espécie. (ROCHA et al., 2014). O detalhamento biométrico de sementes e frutos compõe uma importante ferramenta de identificação de espécies fenotipicamente similares, já que táxons e componentes ambientais podem agir em conjunto, ocasionando o estabelecimento de diferentes padrões morfométricos em populações espacialmente disseminadas (BEZERRA et al., 2014). Ainda, segundo Cruz; Carvalho (2003), os estudos voltados para as variações biométricas são de fundamental importância para aumentar a uniformidade, melhoramento da espécie e qualidade destas sementes.

E, o conhecimento das estruturas morfológicas do fruto, da semente e das plântulas florestais é importante para diversos fins como: nos laboratórios de análise de sementes, na identificação e diferenciação de espécies, no reconhecimento da planta no campo (AMORIM, 1996).

A identificação juvenil de plantas constitui-se em uma grande dificuldade de estudo da estrutura, da fenologia e do comportamento de uma espécie dentro de uma comunidade vegetal (AMORIM et al., 2008). O conhecimento e identificação de plântulas não é uma tarefa fácil, pelo fato destas apresentarem características morfológicas externas diferentes daquelas observadas nos indivíduos adultos (PINHEIRO et al., 1989). O estudo das características morfológicas das espécies florestais nos estádios iniciais de crescimento facilita a identificação de espécies na fase jovem, o que auxilia os estudos de regeneração natural (KUNIYOSHI, 1983).

O termo plântula refere-se à fase inicial de desenvolvimento da planta. Há consenso na literatura a respeito de quando começa essa fase, que é a partir da germinação da semente consumada. Há divergência entre autores, entretanto a respeito de quando esse período termina (SOUZA, 2009). Carmello-Guerreiro (1996) utiliza o termo planta para designar o desenvolvimento pós-seminal até o aparecimento e a completa expansão do eófilo, que são as primeiras folhas. A fase seguinte é denominada como planta juvenil, que se estende até o surgimento do primeiro metafilo. Hertel (1968) define plântula como abrangência do vegetal desde a germinação consumada até o abandono efetivo ou não dos cotilédones.

As plântulas podem ser classificadas em tipos de germinação, com base na posição dos cotilédones, que podem permanecer no interior do solo, classificando-se em hipógea, ou situar acima da superfície do solo caracterizando em epígea, como também podem ser classificadas em fanerocotiledonares quando liberam seus cotilédones do tegumento seminal e criptocotiledonares que mantêm seus cotilédones envoltos pelo tegumento seminal. A classificação das plântulas com base na posição dos cotilédones em relação à superfície do solo e sua permanência ou não no interior do diásporo podem variar dentro de uma mesma espécie, gênero e família. Sendo assim pode-se ter uma mesma planta com tipos de germinação diferentes (SOUZA, 2009).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo estudar a morfometria de sementes e plântulas de *Amburana cearensis* a fim de reunir informações que poderão ser utilizadas na identificação da espécie em banco de sementes e plântulas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Ecologia Florestal do Centro de Referência em Recuperação de Áreas Degradadas (CRAD/Mata Seca), do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros, Campus Janaúba (MG) em maio de 2018. Foram utilizadas sementes coletadas de matrizes localizadas na fazenda Baixa Grande, município de Janaúba (MG), sob as coordenadas latitude 15°52'12,62" S e longitude 43°14'41,11" O.

Para a biometria das sementes utilizou-se um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, medindo as variáveis, comprimento, largura e espessura de 50 sementes de amburana-de-cheiro, escolhidas aleatoriamente.

A caracterização interna das sementes foi realizada em sementes cortadas longitudinalmente através do centro do eixo embrionário, com o auxílio de um bisturi. Para o corte não danificar o embrião, as sementes foram previamente embebidas em água, por 24 horas. As observações foram feitas com o auxílio da lupa de mesa com luz fluorescente com 6 aumentos (6x), onde foram analisadas as seguintes características morfológicas da unidade de dispersão: forma, tamanho, tegumento, coloração, textura, forma e coloração do embrião, número de cotilédones, e eixo hipocótilo-radícula.

Para a caracterização morfológica das plântulas foram utilizadas 20 sementes embebidas em água por 24 horas, em condição ambiente, após esse processo foram semeadas em bandejas plásticas com dimensões 34,3 x 20 x 6,6 cm e mantidas em mesma condição. O substrato utilizado foi areia peneirada e autoclavada, para cada condição: sobre a areia, a fim de observar as fases das plântulas e entre areia, para observar o grupo morfofuncional das plântulas. Em seguida foram posicionadas sobre a bancada e mantidas em condição de laboratório até o término do



processo germinativo, sendo registrados os diversos estádios de desenvolvimento das plântulas, através de fotografias, registrado por câmera fotográfica 13 MP, observando as subseqüentes características morfológicas: forma e coloração de raiz, coleto e epicótilo, tipo de germinação, coloração e disposição dos cotilédones, formação e coloração dos protofilos.

As características biométricas das sementes foram analisadas mediante estatística descritiva pelo programa Excel (média, mediana, moda, desvio padrão e coeficiente de variação) e distribuição de frequência. E para a morfologia de sementes e plântulas foi realizada registros fotográficos e a descrição das características conforme Garwood (1996) e Damião-Filho; Mouro (2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a espécie estudada não evidenciou a variação nas características biométricas avaliadas (Tabela 1), pois os valores de coeficiente de variação (CV) foram inferiores a 15%, possibilitando denominar suas sementes como estenospérmicas. Em todas as variáveis os valores de mediana e moda foram superiores a média, com exceção do comprimento o qual não apresentou valor de moda. Isto evidencia os resultados observados na Figura 1, em que todas as variáveis apresentaram assimetria negativa, ou seja, os valores de moda \geq mediana $>$ média.

Parâmetros	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
Média	14,37	10,45	4,50
Moda	NÃO	10,79	4,62
Mediana	14,46	10,67	4,62
Desvio Padrão	1,59	1,10	0,54
CV (%)	11,08	10,50	11,92

Tabela 1 – Análise descritiva das variáveis biométricas de sementes de *A. cearensis*

Fonte: Os autores (2020)

O comprimento médio foi de 14,37 mm, prevalecendo os valores entre 14,48 – 15,85 mm (Figura 1). Para a variável largura, o valor médio foi de 10,45 mm e na distribuição de classes prevaleceu entre os valores de 11,16 – 12,05 mm. A espessura média das sementes foi de 4,50 mm, prevalecendo entre os valores de 4,72 – 5,19 mm.

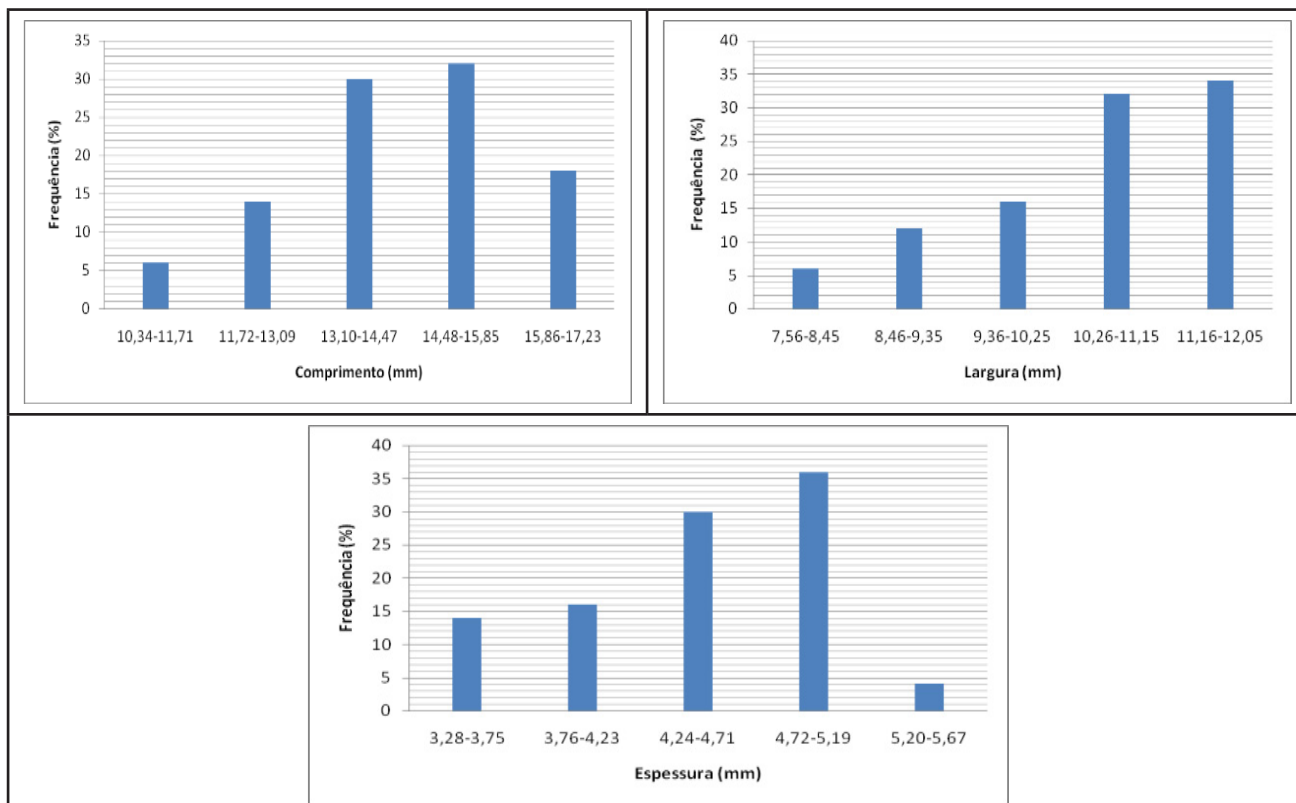


Figura 1 – Distribuição da frequência relativa do comprimento, largura e espessura de sementes de *A. cearensis*
 Fonte: Os autores (2020)

Com relação à morfologia (Figuras 2A-C), as sementes possuem forma oblonga (comprimento maior que a largura e espessura), o comprimento da semente varia de 10,34 mm a 17,23 mm, a largura varia de 7,56 mm a 12,05 mm e a espessura varia de 3,28 mm a 5,67 mm, são aladas, ala do tipo papiráceo, localizada no ápice da semente, de coloração bege claro, nervura dorsal bem saliente, textura membranácea quebradiça persistente, o que caracteriza evolução para dispersão da espécie. São bitegumentadas, exalbuminosas, de coloração palha no pericarpo, com tegumento duro e espesso com superfície rugosa e opaca, de coloração marrom-escuro. Embrião é axial, invaginado com dois cotilédones planos, carnosos, lisos com ápice arredondado e base obtusa, de forma ovoide, elíptica e oblonga, de coloração amarelada. Eixo hipocótilo-radícula curto e parcialmente envolvido pelos cotilédones, de coloração bege claro. Plúmula não visível.



Figura 2 – Fotografias de *A. cearensis*. A – semente alada; B – semente sem ala; C – semente embebida e com corte longitudinal. Legenda: al – ala; pe – pericarpo; te – tegumento; ex – eixo embrionário; co – cotilédone

Fonte: Os autores (2020)

Os primeiros indícios de germinação foram observados a partir da absorção de água, tornando a semente túrgida, aumentando o seu volume. A partir do quinto dia após a semeadura observou a ruptura do tegumento com a emissão da raiz primária, cilíndrica de coloração creme (Figura 3A). O coleto é cilíndrico, curto de coloração esbranquiçada. O epicótilo é cilíndrico de coloração verde clara, ereto, caracterizando a germinação como fanerocotiledonar semi-hipógea com cotilédones de reserva, e raiz primária apresentando tuberosidade (Figura 3B). Os cotilédones são amarelo-esverdeados opostos. Os protófilos são verdes opostos imparipinados, formados por folíolos (Figura 3C).

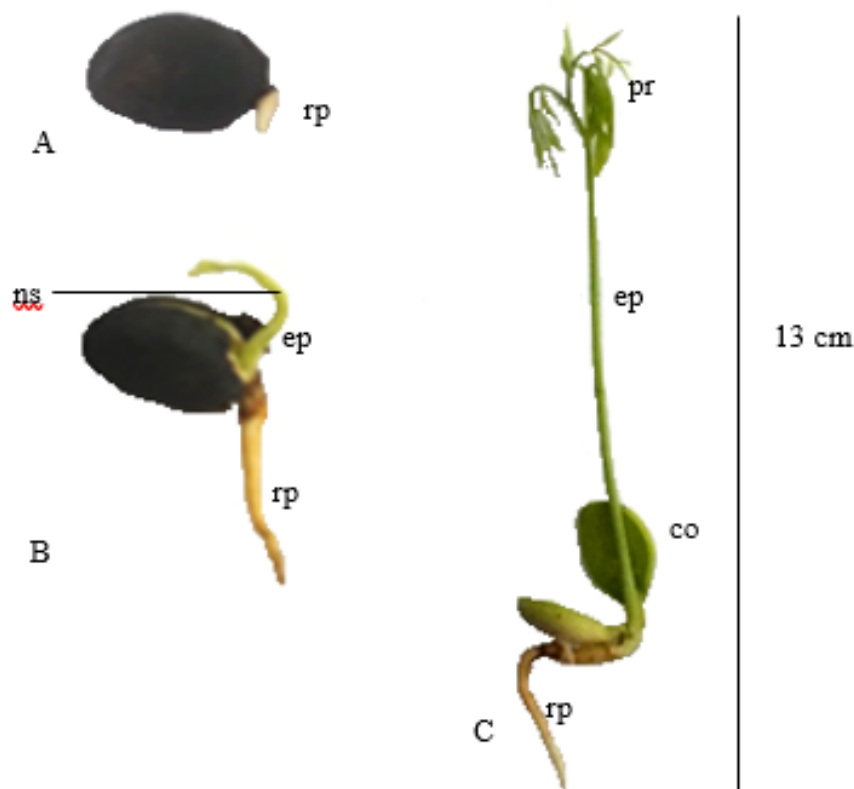


Figura 3 – Fotografias de *A. cearensis*. A – emissão da raiz primária; B – crescimento do epicótilo; C – plântula. Legenda: rp – raiz primária; ep – epicótilo; co – cotilédone; pr – protófilos; ns – nível do substrato

Fonte: Os autores (2020)

4. CONCLUSÕES

Amburana cearensis apresenta sementes do tipo não estenospérmicas, aladas, bitegumentadas, exalbuminosas e com tegumento duro.

Embrião é axial, com cotilédones planos, carnosos, eixo hipocótilo-radícula curto e parcialmente envolvido pelos cotilédones, e plúmula não visível.

A germinação é do tipo fanerocotiledonar hipógea com cotilédones de reserva.

Referências

- AMORIM, I.L. **Morfologia de frutos, sementes, germinação, plântulas e mudas de espécies florestais da região de lavras - MG.** 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 1996.
- AMORIM, I.L.; DAVIDE, A.C.; FERREIRA, R.A.; CHAVES, M.M.F. Morfologia de frutos, sementes, plântulas e mudas de *Senna multijuga* var. *lindleyana* (Gardner) H. S. Irwin & Barneby – Leguminosae Caesalpinioideae. **Revista Brasileira de Botânica**, v.31, n.3, p.507-516, 2008.
- BEZERRA, F.T.C; ANDRADE, L.A.; BEZERRA, M.A.F.; PEREIRA, W.E.; RICARDO, J. Biometria de frutos e sementes e tratamentos pré-germinativos em *Cassia fistula* L. (Fabaceae-Caesalpinioideae). **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.4, p.2273-2286, 2014.
- CARMELLO-GUERREIRO, S.M. **Morfologia, anatomia e desenvolvimento dos frutos, sementes e plântulas de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Lithraea molleoides* (Vell.) Enhl., *Myracrodruon urundeuva* Fr. Allem. e *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae).** 1996. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1996.
- CRUZ, E.D.; CARVALHO, J.E.U. Biometria de frutos e sementes e germinação de curupixá (*Micropholis* cf. *venulosa*. Mart. & Eichler – Sapotaceae). **Acta Amazônica**, v.33, n.3, p.389-398, 2003.
- DAMIÃO FILHO, C.F.; MÔRO, F.V. **Morfologia externa das espermatófitas.** Jaboticabal: FUNEP, 2001, 101p.
- GARWOOD, N.C. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: **The ecology of tropical forest tree seedlings.** (M.D. Swaine, Ed.) Paris: UNESCO/The Parthenon Publishing Group, p.59-129. 1996.
- HERTEL, R.J.G. Estudos sobre a *Phoebe porosa* (Nees) Mez – I. Nomenclatura da imbuia e alguns dos problemas que encerra. **Dusenya**, v.8, n.5, p.165-194, 1968.
- KUNIYOSHI, Y.S. **Morfologia da semente e da germinação de 25 espécies arbóreas de uma floresta com *Araucaria*.** 1983. 233f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1983.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.1, p.150, 2008.
- PINHEIRO, A.A.L.; RAMALHO, R.S.; VIDAL, M.R.R. Estudo dendrológico com vista regeneração natural de Meliaceae na microregião de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v.13, n.1, p.51-65, 1989.
- ROCHA, C.R.M.; COSTA, D.S.; NOVEMBRE, A.D.L.C.; CRUZ, E.D. Morfobiometria e germinação de sementes de *Parkia multijuga* Benth (FabaceaeMimosoideae). **Nativa**, v.2, n.1, p.42-47, 2014.
- SOUZA, L.A. (Org.) **Sementes e plântulas: germinação, estrutura e adaptação.** Ponta Grossa: Toda Palavra, 2009. 279p.



CAPÍTULO 18

ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE BARRAGENS: ANÁLISE E APLICAÇÃO EM ÁREAS IRRIGADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SAMAMBAIA, NO MUNICÍPIO DE CRISTALINA, ESTADO DE GOIÁS

DAM EFFICIENCY INDEX: ANALYSIS AND APPLICATION IN IRRIGATED
AREAS IN THE SAMAMBAIA HYDROGRAPHIC BASIN, IN THE
MUNICIPALITY OF CRISTALINA, STATE OF GOIÁS

Bruno Vicente Marques
Alécio Maróstica
Gerson Araújo de Medeiros

Resumo

Danos e impactos ambientais de atividades antrópicas levaram a necessidade de um desenvolvimento metodológico para sua avaliação e para subsidiar modelos de gestão ambiental e para a segurança humana. Neste contexto, a análise da paisagem é uma técnica que incorpora um conjunto de métodos e procedimentos para compreender, estruturar e avaliar fatores que influenciam desde um ecossistema até uma obra civil. O principal objetivo desta pesquisa foi diagnosticar a qualidade das barragens na bacia hidrográfica do Rio Samambaia, no município de Cristalina, estado de Goiás, por meio da análise de elementos de destaque da paisagem, nos ambientes internos e externos. Determinou-se a capacidade de reserva, os impactos ambientais recorrentes e a sua segurança das barragens frente aos fatores de conservação. Esta abordagem integrou procedimentos metodológicos levantados em visitas de campo, como a determinação de elementos de destaque, caracterização visual e avaliação das barragens, considerando o ambiente interno (leito, cobertura vegetal e sinais de contaminação química ou biológica) e externo (talude e entorno) das barragens. Os resultados mostram seu potencial para propostas de gestão, de pesquisa e de extensão, por sua simplicidade e caráter expedito. Portanto, foi possível obter um índice de eficiência das barragens aplicável a áreas irrigadas, claro e objetivo, que promoveu a compreensão da segurança de barragens. Como diretrizes para a gestão das barragens destacamos a proteção ciliar das margens dos reservatórios, manutenção de estradas, estabilidade física dos taludes, contenção de processos de infiltração, melhor controle da vazão das passagens de fundo, melhor conservação dos equipamentos destinados à irrigação.

Palavras-chave: Gestão Ambiental, Agricultura, Gestão de Barragens.

Abstract

Damage and environmental impacts of human activities have led to the need for methodological development for their assessment and to subsidize environmental management models and human security. In this context, landscape analysis is a technique that incorporates a set of methods and procedures to understand, structure and evaluate factors that influence from an ecosystem to a civil work. The main objective of this research was to diagnose the quality of the dams in the hydrographic basin of the Samambaia River, in the municipality of Cristalina, state of Goiás, through the analysis of prominent elements of the landscape, in the internal and external environments. Determined the reservation of capacity, the applicants environmental impacts and the safety of dams across the conservation factors. This approach integrated methodological procedures raised in field visits, such as the determination of prominent elements, visual characterization and assessment of the dams, considering the internal environment (bed, vegetation cover and signs of chemical or biological contamination) and the external one (slope and surroundings) dams. The results show its potential for management, research and extension proposals, due to its simplicity. Therefore, it was possible to obtain a dam efficiency index applicable to irrigated areas, clear and objective, which promoted the understanding of dam safety. As guidelines for the management of the dams, we highlight the riparian protection of the reservoir margins, road maintenance, physical stability of the slopes, containment of infiltration processes, better control of the flow of the bottom passages, better conservation of the equipment intended for irrigation.

Keywords: Environmental Management, Agriculture, Dam Management.



1. INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade que depende exclusivamente dos recursos naturais e suas interações. Suas atividades devem ser norteadas principalmente pelo entendimento do ambiente no qual está inserida, sua posição regional, clima, relevo, tipo de solo, entre outros fatores.

As atividades antrópicas proporcionam diversos cenários de ocupação em decorrência de características culturais, sociais e econômicas da população. Tais modificações geram impactos ambientais significativos, que podem ser classificados em benéficos ou adversos, diretos ou indiretos, reversíveis ou irreversíveis, imediatos ou em longo prazo, temporários ou permanentes (FREITAS, 2013).

Nos meios rurais os impactos estão relacionados à inadequação da ocupação e uso das terras frente as suas características naturais (relevo, clima, solo etc.), uso indiscriminado de produtos químicos que potencializam a contaminação ambiental por cargas difusas, ausência de práticas conservacionistas e o descumprimento as legislações vigentes como o Código Florestal Brasileiro Lei No. 12.651/12.

O modelo agrícola atual é caracterizado por ações extrativista, onde os recursos naturais, que são finitos, são utilizados de forma indiscriminada, o que leva os ambientes a processos de degradação, esgota os solos, contamina rios e o lençol freático e promove o desequilíbrio de espécies ao modificar e simplificar o meio natural através do desmatamento, o que potencializa o surgimento e o descontrole de pragas e doenças agrícolas.

Cada vez mais as pesquisas e os dados levantados ao longo dos anos nos mostram que esse modelo está incompatível com a nossa realidade, é preciso um redirecionamento das ações na agricultura, que contemple sistemas modernos e adaptados para diminuir os impactos ambientais negativos. Um dos impactos relacionados ao manejo dos recursos naturais em áreas irrigadas refere-se aos riscos de rompimentos de barragens, seja pelo transporte de sedimentos e assoreamento, pela falta de manutenção dos taludes, por problemas de dimensionamento de extravasadores, dentre outros.

Uma técnica utilizada para avaliação de impactos ambientais refere-se a análise da paisagem, notadamente na geografia, ecologia e outras ciências da terra.

Com o intuito de trazer uma leitura do ambiente e das interferências antrópicas Peche Filho et al. (2014) apresentou o método IAC para análise da paisagem. Sua aplicação consiste em uma análise realizada por um avaliador que se posiciona em um local estratégico, onde sua visão possibilite um ângulo de 180°. Posteriormente essa paisagem, definida pelo ângulo de visão, foi dividida em três estratos no horizonte (imediate, intermediário e distante), segmentada angularmente em

sete estratos e, por meio de uma matriz de interação, eram ponderadas para os meios físicos, bióticos e antrópicos notas entre 1 (para situações que apresentam maiores indícios de perturbação na paisagem) e 5 para situações que apresentam menores indícios de perturbação na paisagem.

Essa técnica tem sido aperfeiçoada por pesquisadores do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, da Universidade Estadual Paulista (ICTS-UNESP), e do Centro de Engenharia e Automação, do Instituto Agrônomo (CEA-IAC), os quais tem lançado artigos com suas aplicações metodológicas (MARQUES et al., 2020; DE CARLI et al., 2018; MEDEIROS et al., 2016, FENGLER et al., 2016; FRANÇA et al., 2014). A evolução dessa técnica foi proposta em Medeiros et al. (2016), quando os autores propuseram que as notas fossem atribuídas diretamente aos elementos da paisagem percebidos pelo avaliador. Partindo-se do conceito da paisagem como elementos percebidos, propõe-se no presente estudo uma adaptação dessa técnica para a avaliação de segurança das barragens. Nesse contexto, elementos de destaque foram relacionados a riscos ao rompimento ou assoreamento dessas obras civis, em áreas intensamente irrigadas na região de Cristalina, no estado de Goiás.

O presente trabalho teve como objetivo diagnosticar a qualidade das barragens na bacia hidrográfica do Rio Samambaia, por meio da análise visual de elementos de destaque nos ambientes internos e externos, determinando sua capacidade de reservação, os impactos ambientais recorrentes e a sua segurança frente aos fatores de conservação.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido na Bacia Hidrográfica do Rio Samambaia (Figura 1). Essa bacia é de domínio federal, com 6% pertencente ao Distrito Federal e 94% ao Estado de Goiás no município de Cristalina. A bacia hidrográfica possui área de 87.913 hectares, está situada na Bacia Hidrográfica do Rio São Marcos que por sua vez se insere na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do rio Paranaíba, que por fim faz parte da grande bacia hidrográfica do rio Paraná.



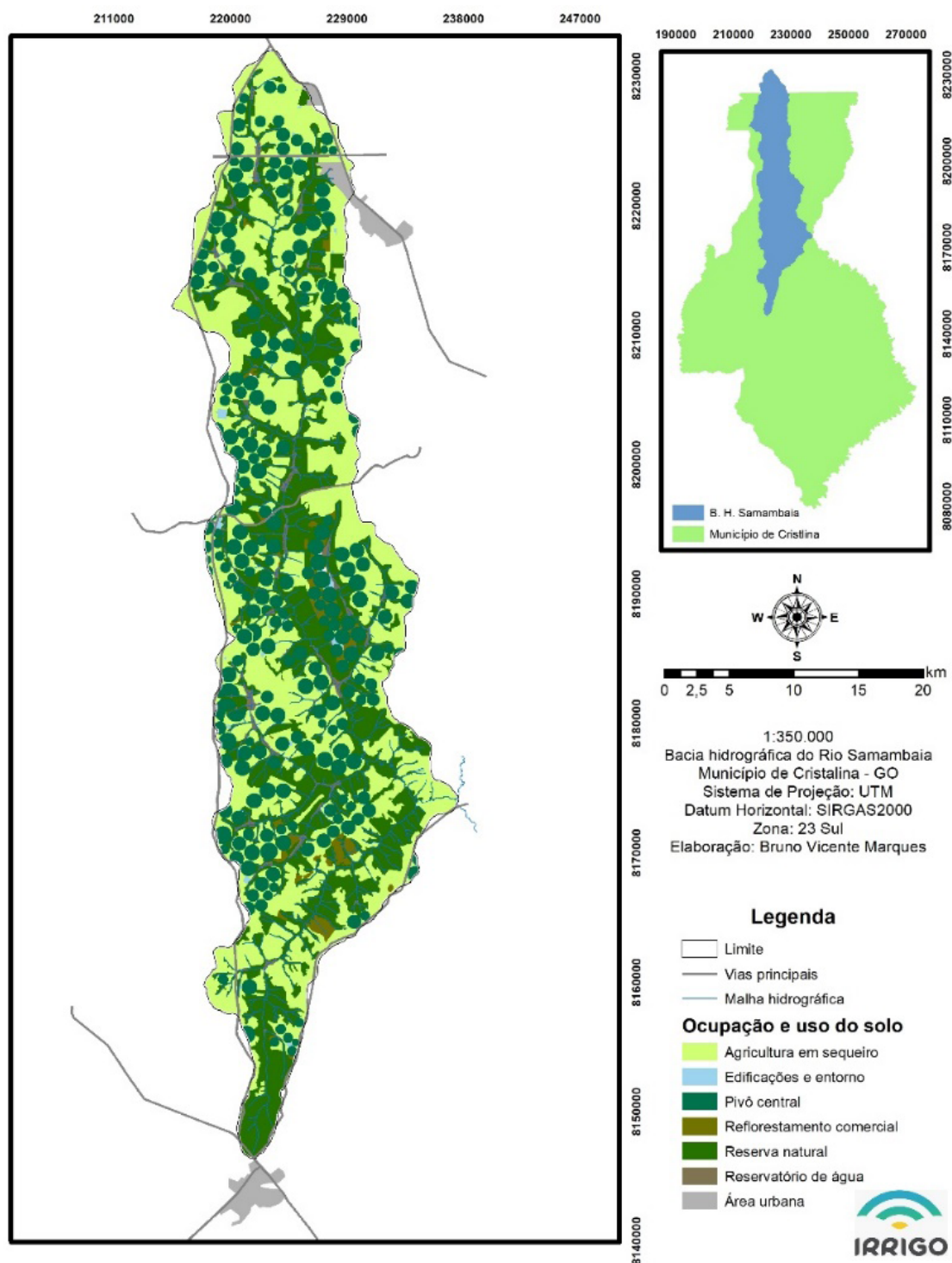


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Rio Samambaia, no município de Cristalina, no estado de Goiás, Brasil.

O clima predominante na região é do tipo Cwa, mesotérmico úmido, com chuvas abundantes no verão, inverno seco e verões quentes, segundo classificação de Köppen. Os indicadores climáticos médios são 1.600 mm de precipitação pluvial anual, temperatura média de 22°C e 73% de umidade relativa do ar, caracterizando-se como uma região subtropical em que a temperatura média dos meses mais frios (junho e julho) situa-se em torno de 16°C (ROLIM, 2007)

Para a etapa de coleta de informação em campo foi elaborado um roteiro de visitas baseado nas informações de uso e ocupação do solo, no qual foi possível destacar as vias de acesso e as barragens da bacia hidrográfica (Figura 2). Esse roteiro permitiu que fossem avaliadas 20 das 88 barragens localizadas na bacia.

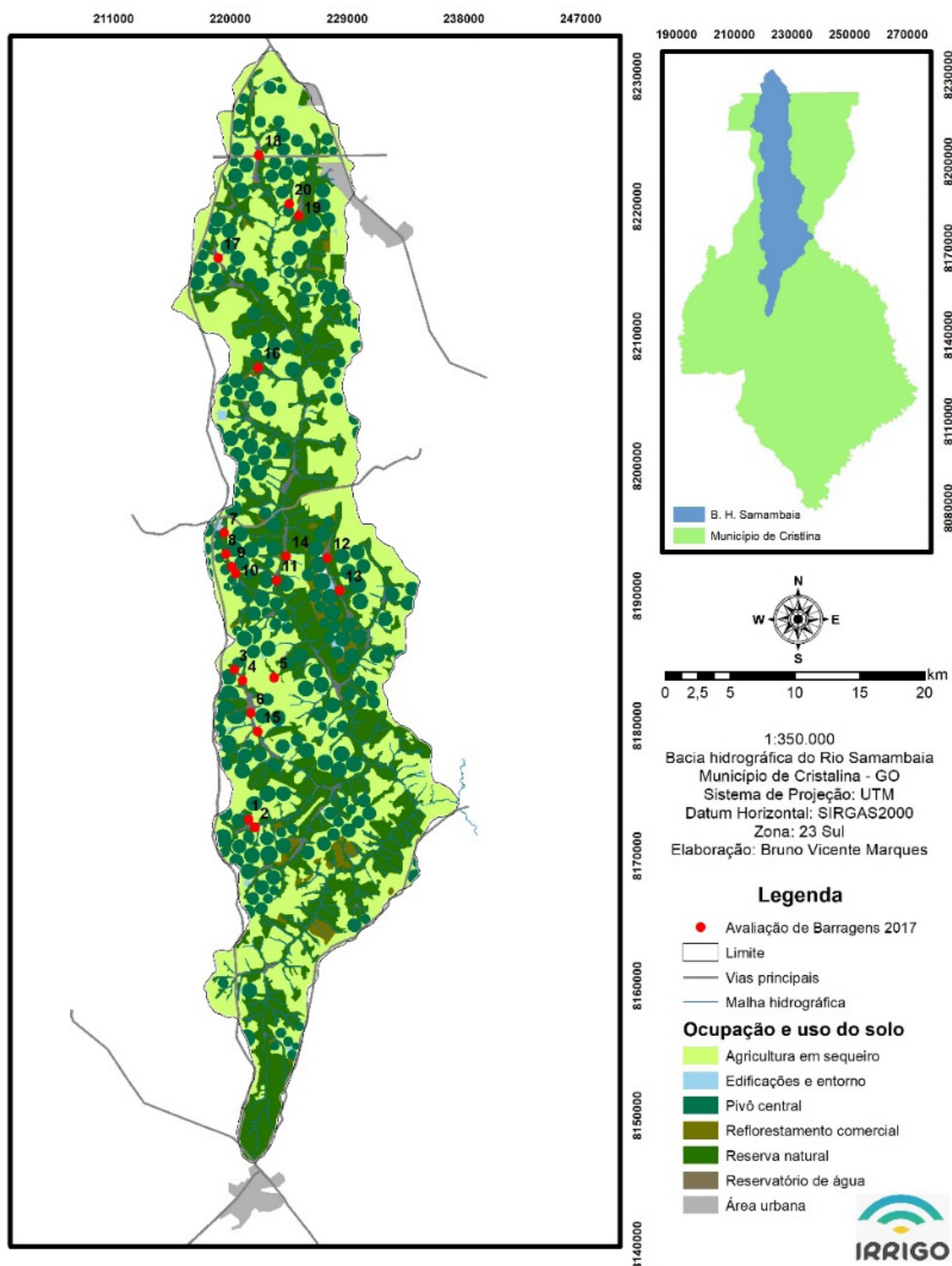


Figura 2 - Roteiro para avaliações em campo.

As avaliações ocorreram nos meses de setembro e outubro de 2017, durante o período de estiagem, quando os níveis de água das barragens estão mais baixos, pelo uso na agricultura irrigada. Essa condição permitiu visualizar elementos de destaque da qualidade das barragens, como o assoreamento no leito, vazamentos no talude e a liberação da água nas passagens de fundo.

A metodologia utilizada para avaliar as barragens foi baseada em Medeiros et al. (2016) e Marques et al. (2020). Nessa abordagem se realiza uma análise dos elementos de destaque da paisagem, por meio da percepção dos impactos ambientais recorrentes, sua magnitude e intensidade à luz da observação dos avaliadores, de forma a traduzir quantitativamente e qualitativamente o que é visualizado na área em questão.

Na avaliação foi necessário estratificar os ambientes em internos e externos, e selecionar indicadores, descritos na Tabela 1. Notas da avaliação foram atribuídas a esses indicadores, variando de 1 (cenários que apresentaram elementos de destaque relacionados a impactos ambientais negativos, alta vulnerabilidade ambiental e processos de degradação ambiental) a 5 (cenários mais preservados).

ESTRATOS	INDICADORES	DESCRIÇÃO
AMBIENTE INTERNO (Reservatório)	Deposição de sedimentos	Acúmulo de material sólido depositado no leito das barragens originários das regiões mais altas da bacia hidrográfica através de processos erosivos.
	Disponibilidade hídrica	Quantidade de água disponível, frente a capacidade de reservação das barragens em decorrência do uso pela irrigação.
	Contaminação biológica	Presença de indivíduos biológicos exóticos e agressivos como a espécie hidrófita Taboa (<i>Typha domingensis</i>), esse indicador também está relacionado ao processo de eutrofização da barragem.
	Contaminação química	Presença visual de material contaminante nos corpos d'água oriundos das atividades antrópicas no entorno das barragens.
AMBIENTE EXTERNO (Entorno e Talude)	Área ciliar	Condições ecológicas da vegetação de entorno, bem como o cumprimento a legislação vigente sobre Áreas de Preservação Permanentes (APP).
	Processos erosivos acelerados	Evidências sobre o arraste de material sólido que pode ser dar de forma laminar, em sulco ou ravinas, com magnitudes e intensidades diferentes.
	Condição da estrada	Qualidade das vias de acesso, bem como o risco de acidentes e contaminações ambientais.
	Estabilidade do aterro	Condição da integridade e da segurança da obra de concepção do aterro.
	Vazamentos no talude	Indícios de infiltração ou afloramento de água no talude das barragens.
	Conservação dos equipamentos	Cuidados em relação a manutenção e qualidade dos equipamentos destinados a irrigação.
	Vazão da passagem de fundo	Adequação da disponibilidade hídrica natural da bacia hidrográfica visando para garantir a perenidade da produção de água em todo seu território.

Tabela 1 - Indicadores utilizados para avaliação das barragens, no município de Cristalina, no estado de Goiás, Brasil.

Para obter notas da avaliação descrita anteriormente foram atribuídos valores de 1 para cenários que apresentaram elementos de destaque relacionados a impactos ambientais negativos, alta vulnerabilidade ambiental e processos de degradação ambiental, enquanto que de forma gradual e crescente, foram atribuídos valores mais elevados, em que o máximo para essa avaliação é 5.

É possível traduzir de forma quantitativa as informações obtidas, por meio da utilização de índices, principalmente para validar informações de aspectos visuais, como é o caso do presente trabalho. Dessa forma, tal procedimento possibilita a obtenção de um Índice de Eficiência Ambiental de Barragens (IEB) para cada um dos locais avaliados por meio da seguinte equação:

$$IEB = \frac{\sum x}{\sum y} * 100 \quad (1)$$

Onde,

IEB corresponde ao Índice de Eficiência de Barragens (%);

x corresponde ao valor obtido no processo de avaliação;

y corresponde ao valor máximo na escala de avaliação.

A utilização de números índice como um valor numérico representa a correta interpretação da realidade de um sistema simples ou complexo (natural, econômico ou social), utilizando, em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados. Um índice é o valor agregado final de todo um procedimento de cálculo onde se utilizam, inclusive, indicadores como variáveis que o compõem (SICHE et al., 2007). Os autores ainda concluem que um índice é um dado mais apurado que provém da agregação de um jogo de indicadores ou variáveis e que pode interpretar a realidade de um sistema.

Optou-se por dividir os resultados em 5 classes de valores, onde o menor índice possível para esta avaliação é 20% nos locais que sofrem maiores impactos negativos, portanto é possível tipificar os índices obtidos em classes, na qual a Classe E apresenta os níveis mais críticos de vulnerabilidade, fragilidade, danos e impactos e de forma crescente, a Classe A os níveis menos críticos.



Classes	Valores IEAP (%)	
A	84	100
B	68	84
C	52	68
D	36	52
E	20	36

Tabela 2 - Distribuição de classe de valores Índice de Eficiência Ambiental da Paisagem.

Os resultados obtidos em campo fornecerão informações significativas acerca da situação das barragens da bacia hidrográfica do Rio Samambaia. O processamento dos dados se inicia pela análise dos IEB coletados em campo, permitindo a leitura dos elementos de destaque nas paisagens nas regiões das barragens.

Em seguida os dados são divididos entre as Classes A, B, C, D e E, para que assim se possa compreender o comportamento da dinâmica ambiental e como ela afeta a qualidade da propriedade rural, esse resultado é apresentado de forma gráfica.

Para compreender de forma visual no espaço físico da bacia hidrográfica, utiliza-se de geoprocessamento para especializar e alocar os pontos avaliados.

O uso do geoprocessamento como ferramenta para auxiliar nos estudos ambientais ganhou muito espaço ao longo dos anos, pois agrega técnicas de análise que auxiliam no conhecimento rápido da área de estudo. Segundo Stassus e Prado Filho (2012), o geoprocessamento é um dispositivo biopolítico que pode ser aplicado para obter informações globais de infraestrutura, saúde, educação, saneamento e criminalidade.

No caso do presente estudo, a utilização de técnicas de geoprocessamento também permitem obter informações bastante relevantes sobre a conformação geoambiental da bacia hidrográfica, que fornecerão subsídios, principalmente para a elaboração dos projetos de reestruturação hídrica, obras de conservação de solo, recuperação de áreas degradadas, recomposição vegetal de fragmentos florestais, com dados sobre a declividade do terreno, fluxos naturais de água e cotas de altitude.

3. RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta os resultados das avaliações realizadas nas barragens da bacia hidrográfica do Rio Samambaia, obtidos através do IEB e também apresenta separadamente os resultados obtidos nos estratos distintos (Ambiente Interno e Ambiente Externo). Essa avaliação mostrou que as barragens da bacia hidrográfica obtiveram IEB geral de 54,36% com amplitude entre 36,36% e 85,45%.

PONTO	IEB	INTERNO	EXTERNO
1	58,18	80,00	45,71
2	58,18	55,00	60,00
3	54,55	60,00	51,43
4	45,45	45,00	45,71
5	47,27	60,00	40,00
6	50,91	45,00	54,29
7	36,36	30,00	40,00
8	40,00	30,00	45,71
9	41,82	45,00	40,00
10	45,45	70,00	31,43
11	50,91	45,00	54,29
12	50,91	70,00	40,00
13	69,09	75,00	65,71
14	47,27	45,00	48,57
15	58,18	40,00	68,57
16	52,73	60,00	48,57
17	54,55	75,00	42,86
18	85,45	85,00	85,71
19	72,73	75,00	71,43
20	67,27	65,00	68,57

Tabela 3. Índices de Eficiência de Barragens e dos ambientes distintos obtidos na avaliação em campo.

Dentre os estratos avaliados é possível afirmar que os principais fatores negativos das barragens avaliadas estão relacionados ao ambiente externo, uma vez que seus índices obtiveram média de 52,43%, enquanto os índices médios relacionados aos indicadores de ambiente interno são de 57,75%, como mostra o gráfico a seguir (Figura 3).

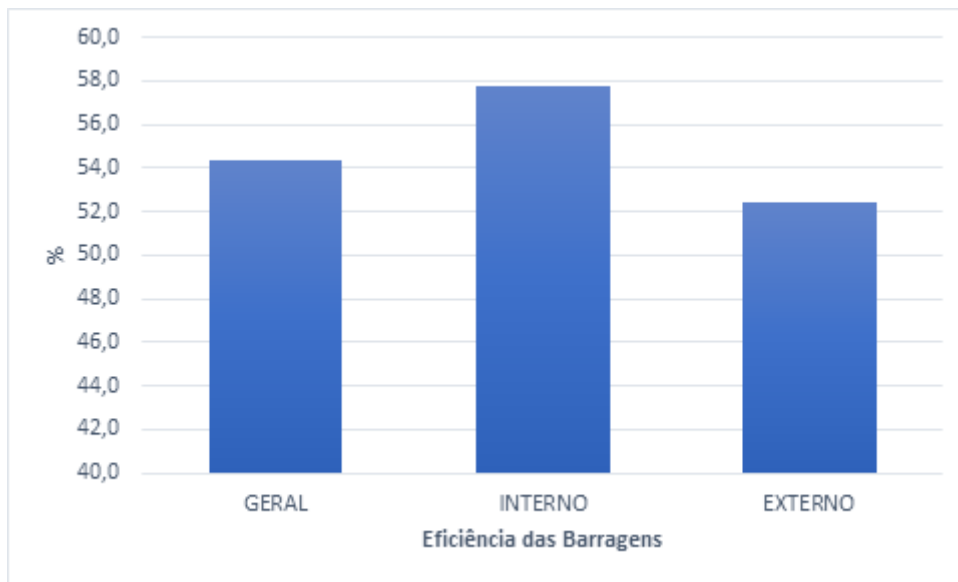


Figura 3 - Distribuição percentual dos estratos avaliados em relação ao IEB da bacia hidrográfica.

Essa análise permite entender a frequência da distribuição dos índices através das classes e assim compreender a variabilidade dos IEB obtidos no presente diagnóstico (Figura 4).

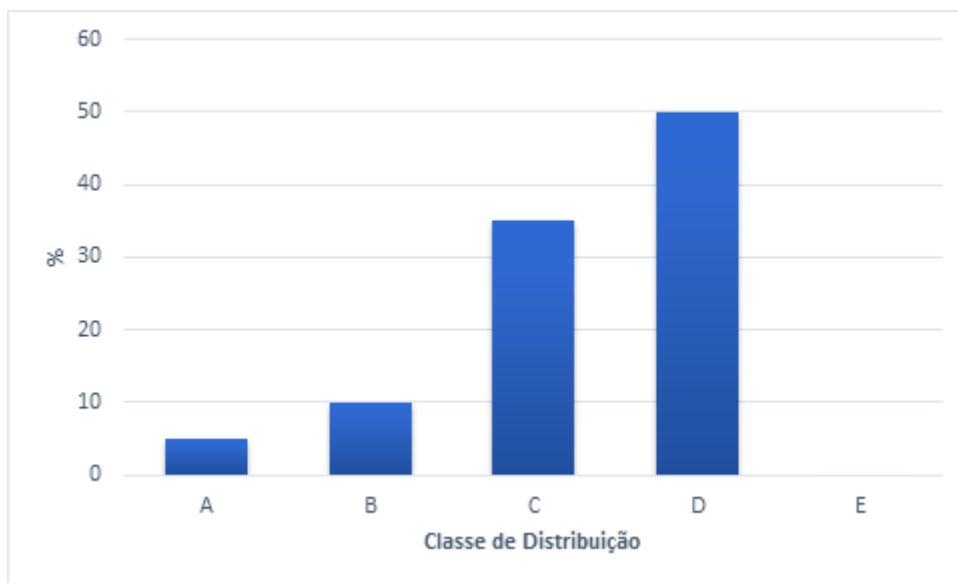


Figura 4 - Análise da frequência dos IEAP obtidos na avaliação.

De acordo com os resultados apresentados, é possível identificar que nenhuma barragem avaliada e representada pela Classe E, ou seja, os índices mais baixos, não obstante, a Classe D foi a que apresentou maior frequência dentre os IEB, com 50% das barragens avaliadas pertencentes a esta classe, o que mostra uma situação bastante preocupante em relação a qualidade das barragens e a sua segurança. Assim temos 35% da frequência dos IEB pertencentes a Classe C, 10% contemplados pela Classe B, enquanto apenas 5% são correspondentes a Classe A, ou seja, apenas 1 barragem se encontra nas condições mais adequadas frente aos indicadores utilizados por esta avaliação.

A análise dos dados forneceu subsídios suficientes para elaborar um plano de gestão para as barragens específico para cada uma das classes em função do nível

de qualidade, segurança e demais fatores.

As palavras plano, programa, projeto são tomadas como quase sinônimas e frequentemente intercambiáveis, remetem ação humana, individual ou coletiva, orientada por um fim ou por uma intencionalidade, caracterizam-se por expressar um objetivo claro e consistente pela existência de instrumentos adequados para a obtenção dos fins propostos (DE PAULA, 2003). Um plano de gestão é o pressuposto principal para desencadear as atividades necessárias para proporcionar a resolução da problemática levantada, deve orientar a elaboração dos programas adequados e assim nortear as ações referentes aos projetos, suas especificidades, bases orçamentárias, alocação de recursos e cronogramas.

O plano de gestão das barragens da bacia hidrográfica deve ser baseado na melhoria da qualidade de suas estruturas para garantir sua segurança, tanto em relação a reservação de água quanto ao risco de rompimentos. Em função das informações obtidas através da análise em campo, constatou-se que os todas as barragens avaliadas apresentam situações preocupantes, com maior ou menor intensidade e magnitude.

É possível sintetizar como estrutura do plano de gestão de barragens da bacia hidrográfica do Rio Samambaia os programas descritos a seguir (Tabela 4) e, conseqüentemente, cada um desses programas deve gerar uma série de projetos específicos de acordo com a condição das barragens, possibilitando a elaboração de cronogramas, dotação orçamentária e alocação dos recursos necessários (financeiros, humanos, tecnológicos, naturais, entre outros).

PROGRAMAS	DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS
Recuperação de área ciliar	Enriquecimento das bordas das barragens com espécies adequadas da vegetação nativa, preferencialmente exceder os limites propostos pelo Código Florestal
Reestruturação hídrica	Introduzir os conceitos da agricultura conservacionista, com a promoção do aumento das taxas de infiltração de água no solo e garantir a perenidade de água nas barragens e redução da amplitude de vazão nos períodos climáticos extremos
Segurança estrutural	Padronizar as estruturas das barragens para garantir sua segurança em relação a futuros rompimentos, além de promover manutenção e vistoria periódicas
Manutenção de estradas	Conservação e manutenção das estradas para redução dos impactos ambientais, principalmente os processos erosivos responsáveis pelo assoreamento das barragens, sejam reduzidos
Conservação de equipamentos	Manutenção e vistoria periódica nos equipamentos que compõe o sistema de irrigação para que não ocorra desperdícios e/ou risco de contaminação ambiental

apresenta as situações encontradas por essa classe. É possível destacar nesse local que a vazão da passagem de fundo da barragem contribui de forma adequada para manter a perenidade de água na bacia hidrográfica (Figura 6a), bem como a quantidade de água presente no reservatório em relação a época do ano em que foi avaliado (Figura 6b). Também se destacam como fatores positivos a condição das estradas, a estabilidade do aterro da barragem, no entanto alguns fatores de perturbação já são perceptíveis, como processos erosivos e o assoreamento no leito da barragem.



a B
Figura 6 - Barragem avaliada como Classe B.

A Classe C representa os locais com as características intermediárias das barragens avaliadas na bacia hidrográfica, há uma ocorrência preocupante de elementos de perturbação ambiental e alguns locais apresentam processos de degradação ambiental, conseqüentemente para a mitigação dos impactos negativos e a gestão ambiental desses locais os projetos se tornam mais complexos. Foram identificados 7 pontos que correspondem a esta classe.

As imagens a seguir representam o ponto 3, que obteve IEB de 54,55% e suas características se enquadram na Classe C. Destacam-se como elemento positivo, a grande quantidade de água disponível na barragem, no entanto, os processos erosivos acelerados, o assoreamento do leito da barragem, a ocupação do entorno pela agricultura e a ausência de vegetação ciliar (Figura 7), tornam os projetos para esta barragem, assim com outras que pertencem à mesma classe, mais complexos.



a b
Figura 7 - Barragem avaliada como Classe C.

Os locais que correspondem a Classe D apresentam fatores de perturbação bastante preocupantes, são locais que requerem uma maior atenção em relação aos projetos que serão desenvolvidos, pois são bastante complexos. Dentre os locais avaliados 10 pontos são contemplados por esta classe.

A imagem abaixo mostra o ponto 6, que obteve IEB de 43,20% e representa as situações encontradas por essa classe. Esse local, assim como outros contemplados por esta classe, tem como destaque a quantidade de água no reservatório comprometida, a vegetação ciliar insatisfatória, processos erosivos acelerados, assoreamento do leito da barragem (Figura 8a), a passagem de fundo comprometida e a conservação dos equipamentos de irrigação inadequadas, como mostra a imagem a seguir (Figura 8b).



a b
Figura 8 - Barragem avaliada como Classe D.

Os locais contemplados pela Classe E são mais complexos, pois suas áreas apresentam níveis de elevados de degradação ambiental e a intervenção para mitigar os elementos de perturbações recorrentes em tais regiões demandam maior dedicação técnica, mais recursos alocados e um cronograma de atividades mais extenso. A avaliação apontou que nenhuma barragem avaliada pertence a esta classe.

4. CONCLUSÕES

Esse foi o primeiro trabalho realizado no município de Cristalina com o intuito de avaliar a situação das barragens e a metodologia empregada, mesmo que sucinta, se mostrou bastante adequada, portanto faz-se necessário aplicar na escala de todo o território do município de Cristalina em um plano de amostragem que contemple as bacias hidrográficas.

É indiscutível que todas as atividades antrópicas são geradoras de impactos ambientais negativos, principalmente aquelas que alteram a paisagem drasticamente, como é o caso das barragens, no entanto é possível consolidar essas atividades de forma harmônica, com procedimentos adequados de ocupação e uso das terras. Portanto um Plano de Gestão Ambiental para as barragens da bacia hidrográfica do Rio Samambaia deve atuar de forma que os programas e projetos elevem as Classes mais baixas para patamares mais altos.

Mesmo com o uso da água nos períodos mais críticos de estiagem e com a grande diversidade de culturas implantadas, foi possível observar que as barragens, em sua maioria, mantiveram água disponível em seu leito, cooperando para manter a vazão dos rios da bacia hidrográfica, portanto, com a adequação e padronização do uso da água é possível manter a perenidade dos rios e até mesmo aumentar sua vazão durante essas épocas mais secas do ano.

Foi possível observar que os principais fatores negativos na presente avaliação estão relacionados ao ambiente externo das barragens, uma vez que a disponibilidade hídrica não foi o fator mais comprometedor, portanto as ações que tangem esses ambientes devem ser priorizadas, como a proteção ciliar das margens dos reservatórios, manutenção de estradas, estabilidade física dos taludes, contenção de processos de infiltração, melhor controle da vazão das passagens de fundo, melhor conservação dos equipamentos destinados à irrigação, entre outros.

Para a concepção de um plano de gestão na escala de uma bacia hidrográfica é necessário a ação conjunta de todos os usuários, de forma compartilhada e coletiva.



Referências

- DE CARLI, B.P.; SOUZA, J.C.; SOUSA, J.A.P.; SHOEGIMA, T.F.; ROMERO BARREIRO, M.P.; DUTRA, A.C.; MEDEIROS, G.A.; RIBEIRO, A.I.; BRESSANE, A. Relationship between land use and water quality in a subtropical river basin. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 7, p. 245-261, 2018
- FENGLER, F.H.; MEDEIROS, G.A.; RIBEIRO, A.I.; PECHE FILHO, A.; MORAES, J.F.L.; BRESSANE, A. Desenvolvimento da percepção ambiental de alunos de pós-graduação em Ciências Ambientais da Unesp Sorocaba por meio da abordagem construtivista de ensino. **RBPG. Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 12, p. 805-834, 2016
- FRANÇA, L.V.G.; BRESSANE, A.; SILVA, F.N.; PECHE FILHO, A.; MEDEIROS, G.A.; RIBEIRO, A.I.; ROVEDA, José A.F.; ROVEDA, S.R.M.M. Modelagem Fuzzy Aplicada à Análise da Paisagem: Uma proposta para o diagnóstico ambiental participativo. **FRONTEIRAS: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v.3, n.3, jul.-dez. 2014, p.124-141.
- FREITAS, E. P.; MORAES, J. F. L.; PECHE FILHO, A.; STORINO, M. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 443-449, 2013.
- MARQUES, B.V.; PECHE FILHO, A.; MEDEIROS, G.A.; FERNANDES, B.V.R.; LIGOSKI, G.R. Índice de desempenho tecnológico: uma ferramenta para o planejamento e gestão de propriedades rurais no cerrado brasileiro. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v.3, n.1, p.9-22
- MEDEIROS, G. A.; MARQUES, B. V.; FENGLER, FELIPE H.; MACHADO, F.H.; MORAES, J.F.L.; PECHE FILHO, A.; LONGO, R.M.; RIBEIRO, A. I. Environmental assessment using landscape analysis methodology: the case of the Jundiá Mirim river basin, Southeast Brazil. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 203, p. 25-36, 2016.
- PECHE FILHO, A.; RIBEIRO, A.I.; FENGLER, F.H.; MEDEIROS, G.A.; FREITAS, E.P.; STORINO, M.; MARQUES, B.V.; QUEIROZ, D.F.A. Metodologia IAC para análise de paisagem. In: XI Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas. **Anais**. v. 6. Poços de Caldas, 2014.
- ROLIM, G. D. S., CAMARGO, M. B. P. D., LANIA, D. G., MORAES, J. F. L. D. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, p. 711-720, 2007.
- SICHE, R. AGOSTINHO, F., ORTEGA, E., & ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & sociedade**, v. 10, n. 2, p. 137-148, 2007.
- STASSUS, C. C. S.; PRADO FILHO, K. Geoprocessamento como prática biopolítica no governo municipal. **Revista Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 46(6). P. 1649-1669, 2012.

CAPÍTULO 19

EFEITO DE PLANTAS FITORREMEIADORAS SOBRE O QUOCIENTE MICROBIANO (qMic) NO SOLO DO OESTE DA BAHIA

EFFECT OF PHYTOMMEDIATE PLANTS ON THE MICROBIAL QUOTIENT
(qMic) IN THE SOIL OF THE WEST OF BAHIA

Thais dos Santos Rodrigues

Thales Roberto Brandão Malheiros Almeida

Vitória Oliveira Andrade

Wanessa Almeida da Silva

Ronierix Ribeiro de Souza

Thiago Lacerda dos Santos

Alberto do Nascimento Silva

Cristiane Nair Fabricio Nunes

Resumo

A intensificação das atividades agrícolas constitui-se em uma ação que tende a afetar a estabilidade do solo e limitar a sua biodiversidade, já que aceleram a degradação do solo, diminuindo assim, seu potencial. Sabe-se que os solos da região Oeste da Bahia são bem intemperizados e carentes em nutrientes, desta forma faz-se necessário o uso de métodos que revertam essa situação. Sendo assim, o uso de plantas fitorremediadoras é uma das opções mais viáveis, já que, a mesma utiliza comunidades de microrganismos associados a rizosfera para isolar, imobilizar e degradar poluentes do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos das plantas fitorremediadoras, Feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), Milheto (*Pennisetum glaucum*), Sorgo (*Sorghum bicolor*) e área de pousio nos atributos biológicos no solo do Oeste da Bahia, sendo utilizadas as seguintes variáveis: carbono da biomassa microbiana (CBM), Carbono orgânico total (COT) e o quociente microbiano (qMic) em um delineamento experimental inteiramente casualizado. Antes do corte das plantas, para o CBM, o sorgo exibiu os maiores valores e a área de pousio os menores valores. Já o carbono orgânico total, a área de pousio revelou valores maiores. Em relação ao qMic, os valores não se mostraram diferentes entre as espécies. Após o corte, as análises do CBM não apresentaram diferenças significativas entre as espécies, porém no COT obteve-se ligeiras diferenças, indicando que os valores das amostras de pousio se apresentaram maiores, e as amostras de solo do milheto obtiveram valores menores. Já o qMic, o sorgo exibiu os maiores valores.

Palavras chave: Carbono, solo, Fitorremediação, Microrganismos, Quociente.

Abstract

The intensification of agricultural activities is an action that tends to affect the stability of the soil and limit its biodiversity, since they accelerate the degradation of the soil, thus reducing its potential. It is known that the soils of the western region of Bahia are well weathered and lacking in nutrients, so it is necessary to use methods to reverse this situation. Thus, the use of phytoremediation plants is one of the most viable options, since it uses communities of microorganisms associated with the rhizosphere to isolate, immobilize and degrade pollutants from the soil. The objective of this work was to evaluate the effects of phytoremediation plants, Pork beans (*Canavalia ensiformis*), Millet (*Pennisetum glaucum*), Sorghum (*Sorghum bicolor*) and fallow area on biological attributes in the soil of Western Bahia, using the following variables : microbial biomass carbon (CBM), total organic carbon (TOC) and the microbial quotient (qMic) in a completely randomized design. Before cutting the plants, for CBM, sorghum showed the highest values and the fallow area the lowest values. As for the total organic carbon, the fallow area showed higher values. Regarding qMic, the values were not different between species. After cutting, CBM analyzes did not show significant differences between species, however, in COT, slight differences were obtained, indicating that the values of fallow samples were higher, and millet soil samples obtained lower values. As for qMic, sorghum showed the highest values.

Key-words: Carbon, soil, Phytoremediation, Microorganisms, Quotient.



1. INTRODUÇÃO

A exploração exacerbada do uso do solo aumentou nos últimos anos, devido a necessidade de obtenção de elevada produtividade, ocasionando a intensificação das práticas agrícolas. Como consequência tem-se o aumento do uso de agroquímicos, sua aplicação por exemplo, tende a afetar a estabilidade do solo limitando a sua biodiversidade, já que aceleram a degradação do solo, diminuindo assim seu potencial agrícola (PRIETO-BENÍTES; MENDES, 2011).

Os solos do Oeste da Bahia, objeto de estudo neste trabalho, são bem intemperizados e carentes em nutrientes, os produtores da região buscam formas de reverter essa situação de uma maneira eficiente e com menor custo. Sendo assim, o uso de plantas fitorremediadoras é uma das opções mais viáveis, uma vez que, a mesma utiliza comunidades de microorganismos associados a rizosfera para isolar, imobilizar e degradar poluentes do solo (MARQUES et al. 2011). A avaliação da influência da atuação microbiana no processo da fitorremediação pode ser medida, indiretamente, por meio de diferentes variáveis, das quais uma, é o quociente microbiano (qMic) que representa a relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total. Analisando tais características das plantas utilizadas no experimento, o milho se sobressai em relação aos demais tratamentos, pois suas características como a resistência e alta absorção de nutrientes o tornam um eficiente estimulador da atividade microbiana do solo (DANTAS, 2010).

Pesquisas referentes à relação de plantas fitorremediadoras com a atividade microbiana do solo são necessárias, pois fornecerá referências confiáveis no momento de se escolher uma melhor maneira de se conservar o solo, visto que são poucos os estudos relacionados à associação de plantas, solo e microorganismos na Região do Oeste da Bahia.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos das plantas fitorremediadoras nos atributos biológicos no solo do Oeste da Bahia, ressaltando o quociente microbiano (qMic).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Plantas Fitorremediadoras

A seleção das plantas indicadas para o uso na fitorremediação deve se considerar espécies que se mostram efetivas e eficientes no processo da remediação dos contaminantes diagnosticados. É importante observar, primeiramente, as características do solo, tais como pH, teor de argila, disponibilidade de nutrientes e aeração, em seguida as particularidades e características das plantas a serem



utilizadas, como: capacidade de absorção, concentração e/ou metabolização e tolerância ao contaminante; alta taxa de crescimento e produção de biomassa; resistência a pragas e doenças; ocorrência natural em áreas poluídas, adaptabilidade a estender suas raízes até os contaminantes, além de outras características. Uma planta dificilmente reunirá todas as características desejadas, mas deve reunir o maior número delas (MARQUES, et al. 2011). Na fitorremediação há diferentes processos envolvidos que englobam as características morfofisiológicas das espécies e essas diferem de espécie para espécie. As principais estratégias desenvolvidas pelas plantas se classificam em: fitoextração, fitoestimulação, fitoestabilização, fitovolatilização e a fitodegradação (SILVA, et al., 2019).

2.2 Atributos Biológicos

Dentre os atributos estudados para se quantificar o carbono presente no solo, destaca-se o quociente microbiano (q_{Mic}), que representa a relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total, produto da acumulação de resíduos de plantas e animais parcialmente decompostos e parcialmente ressinetizados (BARRETO et al., 2014). O quociente microbiano reflete o percentual de reserva de carbono orgânico total do solo (SILVA et al., 2010). A biomassa de microrganismos compõe a fração ativa da matéria orgânica e constituem indicadores sensíveis da qualidade biológica dos solos, obtendo-se respostas das interferências no solo pelo uso da terra ou manejo, de maneira mais rápida do que as outras frações da matéria orgânica (DA GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

2.3 Efeito das plantas fitorremediadoras nos atributos biológicos do solo

O uso de plantas fitorremediadoras na extração, eliminação ou imobilização de contaminantes do solo, associam suas raízes aos microrganismos. Para que ocorra a retirada das plantas, os metais precisam estar na solução do solo, todavia, a disponibilidade desses metais interfere na eficiência da fitorremediação, reduzindo-os devido ao aumento da toxicidade, que conseqüentemente inibe o crescimento dos vegetais. A partir disso, os microrganismos da rizosfera, possui potencial para melhorarem a fitorremediação das seguintes formas: aumentando a disponibilidade dos metais pelo fato de alterarem as propriedades físico-químicas do solo, melhorando o crescimento das plantas, utilizando processos como acidificação, complexação, precipitação e reações redox (MISHRA; SINGH; ARORA, 2017).



3. METODOLOGIA

O experimento tem natureza quantitativa, e foi desenvolvido em casa de vegetação, entre abril e junho de 2019, na área experimental da Universidade do Estado da Bahia - Campus IX, em Barreiras – BA. O clima predominante na região é Clima tropical com estação seca, baseado na Classificação climática de Köppen-Geiger: Aw. O solo utilizado é classificado como ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico típico.

O delineamento foi inteiramente casualizado – DIC, com quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Os tratamentos foram compostos por: T1 - Feijão de porco (*Canavalia ensiformis*); T2 - Milheto (*Pennisetum glaucum*); T3 - Sorgo (*Sorghum bicolor*) e T4 - área de pousio. A semeadura das três espécies foi realizada em março do corrente ano em vasos de 11 L. Utilizado a densidade de semeadura de 4 sementes por vaso para o feijão-de-porco e 10 sementes por vaso para o milheto e sorgo. A irrigação foi feita manualmente, duas vezes ao dia e o desbaste feito 7 dias após a emergência, deixando-se apenas 4 plantas por vaso para milheto e sorgo e apenas 2 para feijão-de-porco.

Para avaliação do efeito das plantas nos atributos do solo serão avaliadas as seguintes variáveis: carbono da biomassa microbiana (CBM), Carbono orgânico total (COT) e o quociente microbiano.

3.1 Carbono da Biomassa Microbiana (CBM)

A determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM) foi realizada pelo método de irradiação de micro-ondas conforme MENDONÇA & MATOS (2005). As análises foram feitas em triplicatas, o solo foi peneirado em peneira de 2mm e condicionado em refrigeração até o momento da análise. O carbono da biomassa microbiana em $\mu\text{g g}^{-1}$ de C no solo foi determinado, conforme a equação abaixo, calculando-se a diferença do carbono entre amostras irradiadas e não irradiadas, como mostra a equação 1:

$$CI, C\tilde{N}I = \frac{(Vb - Vam)(\text{molaridade do sulfato ferroso})(3)(1000)(\text{volume extrator})}{(\text{volume do extrato}) * (\text{peso do solo})} \quad (1)$$

*volume utilizado para a determinação do carbono (mL)

Vb = volume do branco (mL);

Vam = volume da amostra (mL);



3 = resultado da relação entre o número de mols de Cr_2O_7^- que reagem com Fe^{2+} (1/6), multiplicado pelo número de mols de Cr_2O_7^- que reagem com o C^0 (3/2), multiplicado pelo peso equivalente do C (12);

1000 = fator de conversão de unidade.

$$C_{mic} = (CI - C\tilde{N}I) / Kc = \mu g. g \text{ de } C \text{ no solo}$$

$$Kc = 0,33$$

CI = amostra irradiada, $C\tilde{N}I$ = amostra não irradiada

3.2 Carbono Orgânico Total (COT)

O carbono orgânico total foi determinado segundo a metodologia proposta por CLAESSEN (1997). As análises foram feitas em triplicatas e amostras de solo devidamente secas foram peneiradas em peneira granulométrica de 2 mm de abertura e logo após em peneira de 80 mech. A percentagem de carbono orgânico existente na amostra foi obtida pela seguinte expressão, conforme a equação 2:

$$g \text{ de carbono} / k g \text{ de TFSE} = 0,06 \times V (40 - Va \times f) \times "f" \quad (2)$$

TFSE = terra fina seca em estufa;

V = volume de dicromato de potássio empregado;

Va = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra;

f = 40/volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da prova em branco;

0,06 = fator de correção, decorrente das alíquotas tomadas;

"f" = fator de correção para TFSE.

3.3 Quociente Microbiano (qMic)

O quociente microbiano foi determinado pela razão entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total, conforme ANDERSON e DOMSCH (1993), sendo expresso em porcentagem, como mostra a equação 3.



$$q^{Mic} = \frac{CBM}{COT} \quad (3)$$

em que,

CBM – Carbono da biomassa microbiana (mg kg^{-1}) e,

COT – Carbono orgânico total (mg kg^{-1}).

As avaliações foram realizadas em dois momentos: até os 50 dias após a emergência das culturas (antes do corte). Ao atingirem o florescimento, as plantas foram cortadas e deixadas à superfície do solo (após o corte). Os dados obtidos foram analisados por meio da análise de variância (ANOVA) e as médias submetidas ao teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Antes do corte das espécies de plantas fitorremediadoras

Analisando a Tabela 1, para o CBM, o sorgo exibiu os maiores valores e a área de pousio os menores valores de biomassa microbiana. Já o carbono orgânico total (COT), a área de pousio revelou valores maiores, visto que o pousio apresenta um baixo índice de CBM, os microrganismos ali presentes podem indicar valores insuficientes para a absorção do carbono, ocasionando assim, que o carbono fique em estado de latência. Dadalto et al., (2015) ao estudarem os compartimentos de matéria orgânica no solo, em diferentes sistemas de plantio, encontraram as maiores médias de COT em área de plantio direto, pois este conserva melhor a matéria orgânica no solo, pelo fato que não há tanta alteração da composição do solo pela ação do homem.

Em relação ao q^{Mic} , os valores não se mostraram diferentes entre as espécies. A falta de cobertura no solo, dificulta a disponibilização, e conseqüentemente a imobilização de carbono por parte dos microrganismos. Valores altos de quociente microbiano (q^{Mic}) indicam que houve uma maior incorporação do carbono orgânico total do solo na biomassa microbiana, no caso, nas células dos microrganismos (DADALTO et al., 2015).



Tratamento	CBM	COT	qMic
Feijão	95,80 ab	7,47 ab	10,62 a
Milheto	92,34 ab	6,12 b	14,47 a
Sorgo	134,47 a	6,84 ab	17,36 a
Pousio	30,25 b	7,75 a	3,89 a

Tabela 1: Valores médios de Carbono da biomassa microbiana, carbono orgânico total e quociente microbiano, durante a fase de desenvolvimento vegetativo das plantas fitorremediadoras
Fonte: Autor (2019)

4.2 Depois do corte das espécies de plantas fitorremediadoras

Analisando a Tabela 2, nota-se que as análises do CBM não apresentaram diferenças significativas entre as espécies, porém no COT obteve-se ligeiras diferenças, indicando que os valores das amostras de pousio se apresentaram maiores, e as amostras de solo do milho obtiveram valores menores. Segundo Silva et al., (2010) tais atributos biológicos do solo são dependentes do estado fisiológico das células dos microrganismos presentes no mesmo, e essas são drasticamente influenciadas por diversos fatores do solo, como: a umidade, temperatura, pH, disponibilidade de nutrientes, relação C/N, a presença de resíduos orgânicos, a forma de preparo do solo, entre outros. Com isso a análise isolada de CBM, torna-se não recomendada.

Já o qMic, o sorgo exibiu os maiores valores, enquanto a área de pousio se mostrou menor. Isso pode ser associado, ao bom desenvolvimento do sorgo, que se sobressaiu aos demais. Vale ressaltar que valores maiores de quociente microbiano indicam uma maior imobilização do carbono nas células dos microrganismos presentes no solo.

O Sorgo possui um sistema radicular extenso, fibroso e com maior número de pelos absorventes, esses têm um papel importante na transmissão de substâncias que associam as plantas e microrganismos e também na fixação das plantas no solo (BORÉM et al., 2014).

Tratamento	CBM	COT	Qmic
Feijão	91,33 a	7,47 ab	14,32 b
Milheto	83,49 a	6,19 b	16,57 ab
Sorgo	242,00 a	6,84 ab	37,97 a
Pousio	179,90 a	7,75 a	23,08 ab

Tabela 2: Valores médios da Respiração Basal, Carbono da biomassa microbiana, carbono orgânico total quociente metabólito e quociente microbiano, após o corte das espécies de plantas fitorremediadoras
Fonte: Autor (2019)

5. CONCLUSÕES

Dentre os tratamentos estudados foi possível perceber que antes do corte das plantas fitorremediadoras, não houve diferença no q_{Mic} , entre os tratamentos. Já após o corte há uma ligeira diferença no q_{Mic} , o sorgo neste caso apresentou os maiores valores. De acordo a variação nos resultados apresentados, pode-se afirmar que há diferenças no efeito das plantas fitorremediadoras sobre os atributos estudados.

Referências

- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (q_{CO_2}) as a specific activity parameter to assess the effect of environmental condition, such as pH on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Amsterdam, v. 23, n. 3, p. 393-395, 1993.
- BARRETO, P.A.B; GAMA-RODRIGUES, E.F; GAMA-RODRIGUES, A.C. Carbono das frações da matéria orgânica em solos sob plantações de eucalipto de diferentes idades. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 581-590, 2014.
- BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. Sorgo: do plantio a colheita. **UFV, Viçosa, 275p**, 2014.
- CLAESSEN, Marie Elisabeth Christine. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E)**, 1997.
- DADALTO, J.P.; FERNANDES, H.C.; TEIXEIRA, M.M.; CECON, P.R.; MATOS, A.T. de. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.3, p.506-513, maio/jun. 2015.
- DANTAS, Carlos Clayton Oliveira; DE MATTOS NEGRÃO, Fagton. Características agronômicas do Milheto (*Pennisetum glaucum*). **PUBVET**, v. 4, p. Art. 956-961, 2010.
- DA GAMA-RODRIGUES, Emmanuela Forestieri et al. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 6, p. 893-901, 2005.
- FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. In: *Revista symposium*. 2008. p. 36-41.
- MARQUES, Marcia; AGUIAR, Christiane Rosas Chafim; DA SILVA, Jonatas José Luiz Soares. Desafios técnicos e barreiras sociais, econômicas e regulatórias na fitorremediação de solos contaminados. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 35, n. 1, p. 1-11, 2011.
- MENDONÇA, E.D.S.; MATOS, E.D.S. **Matéria Orgânica do Solo: Métodos de análises**. Viçosa: UFRV, 2005.
- MISHRA, J.; SINGH, R.; ARORA, N. K. Alleviation of heavy metal stress in plants and remediation of soil by rhizosphere microorganisms. *Frontiers in microbiology*, Bethesda, v. 8, n. 1.706, Sept. 2017. DOI: 10.3389/fmicb.2017.01706. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5592232/>>. Acesso em: 03 Jan. 2018
- PRIETO-BENÍTEZ, S.; MÉNDEZ, M. Effects of land management on the abundance and richness of spiders(Araneae): a meta-analysis. **Biological Conservation**, v. 144, n. 2, p. 683691, 2011.
- SILVA, R. R. D.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. D. S.; CURI, N.; ALIVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 1585-1592, 2010.



SILVA, T. J.; HANSTED, F.; TONELLO, P. S.; GOVEIA, D. Fitorremediação de solos contaminados com metais: panorama atual e perspectivas de uso de espécies florestais. **Revista Virtual de Química**, Itapeva, SP, v. 11, No. 1, 18-34, 2019.



CAPÍTULO 20

PROTEÍNA BRUTA EM CAPIM BERMUDA EXCLUSIVO E SOBRESSEMEADO COM AVEIA E AZEVÉM

CRUDE PROTEIN IN EXCLUSIVE BERMUDA GRASS AND OVERSEEDING
WITH OATS AND AZEVEM

Arthur Carniato Sanches

Fernando Campos Mendonça

Fernanda Lamede Ferreira de Jesus

Monalisa Soares Costa

Débora Pantojo de Souza

Jannaylton Éverton Oliveira Santos

Jéssica Garcia Nascimento

Luciana Aparecida Maurício da Silva

Christopher de Oliveira Alves

Rayane Moreno Waterkemper

Resumo

Avaliou-se a forrageira tropical *Cynodon* spp. em 14 ciclos de rebrota em cultivo exclusivo e 6 ciclos em cultivo sobressemeado com aveia+azevém (*Avena strigosa* cv. Emprapa 29 Garoa + *Lolium multiflorum* cv. Fepagro São Gabriel). O delineamento experimental constou de dois sistemas de cultivo com 4 repetições com análise ao tempo. Utilizou-se de 2 blocos de 12 m x 12 m, em cada bloco tinha 4 parcelas de 36 m² com a bordadura. Foram realizados coletas de produção a cada 21 dias (primavera/verão) e 33 dias (outono/inverno), com altura de resíduo de 10 cm (pós-corte). O acúmulo de biomassa foi obtido utilizando-se um quadrado amostrador com área de 0,25 m². A amostra coletada era colocada em a estufa por 105°C até atingirem peso constante e depois moídas para determinação da Proteína Bruta (PB) da forragem. Os resultados demonstraram altos teores de proteína bruta da forragem, tanto em cultivo exclusivo (15,7%) e sobressemeado (14,8%), desta forma, a sobressemeadura não apresentou resultados significativos de PB em relação ao cultivo exclusivo

Palavras-chave: Nitrogênio; *Cynodon*; forrageiras, cultivo

Abstract

The tropical forage *Cynodon* spp. was evaluated in 14 regrowth cycles in exclusive cultivation and 6 cycles under cultivation with oats + ryegrass (*Avena strigosa* cv. Emprapa 29 Garoa + *Lolium multiflorum* cv. Fepagro São Gabriel). The experimental design consisted of two cultivation systems with 4 replications with time analysis. It was used 2 blocks of 12 m x 12 m, each block had 4 plots of 36 m² with the border. Production collections were carried out every 21 days (spring / summer) and 33 days (autumn / winter), with a residue height of 10 cm (post-cut). The accumulation of biomass was obtained using a square sampler with an area of 0.25 m². The collected sample was placed in the greenhouse at 105°C until they reached constant weight and then ground to determine the Crude Protein (CP) of the forage. The results showed high levels of crude protein in the forage, both in exclusive cultivation (15.7%) and overseeding (14.8%), thus, the overseeding did not present significant results of CP in relation to the exclusive cultivation

Keywords: Nitrogen; *Cynodon*; forage, cultivation



1. INTRODUÇÃO

As pastagens são as principais fontes de manutenção da pecuária brasileira por se tratarem das formas mais baratas de exploração (REIS; SILVA, 2011). Compõem a principal fonte de alimentação dos rebanhos brasileiros, influenciando na qualidade de produtos, tornando o Brasil apto a competir pelo mercado internacional pelos baixos custos de produção (TORRES et al., 2019). Para cercar os problemas gerados pela estacionalidade da produção, métodos para a diminuir a queda da produção gerada pela sazonalidade podem ser adotados, como por exemplo a sobressemeadura com forrageiras de inverno.

Dentre as forrageiras utilizadas para alimentação dos animais, o gênero *Cynodon* spp. é muito importante por apresentar alto potencial de produção de matéria seca, associado com elevado valor nutritivo, boa relação lâmina foliar: colmo e grande flexibilidade de uso nas áreas de pastagens (OLIVEIRA et al., 2014, TORRES et al., 2019). Os capins deste gênero apresentam alta capacidade de produção e crescimento, tendo elevado potencial de uso como forrageira nas condições tropicais, sendo considerada uma forrageira resistente a sucessivos cortes, além de produzir matéria seca de qualidade em boas condições de manejo e adubação (MATOS et al., 2008).

O gênero *Cynodon*, cujas algumas variedades são conhecidas como grama bermuda ou grama seda, tem sua origem mais provável no sudeste da África. A grama bermuda tem participado da agricultura do sudeste e do norte dos EUA há mais de 250 anos, enquanto que, no Brasil acredita-se que o gênero foi introduzido na década de 1990 (ATHAYDE et al., 2005). Quando bem manejadas, as gramíneas do gênero *Cynodon*, apresentam elevado potencial de produção de forragem, superando 20 Mg ha⁻¹ano⁻¹ de matéria seca e têm bom valor nutritivo, com 11 a 13% de proteína bruta (PB) e 58 a 65% de digestibilidade. Quando comparados a outras gramíneas tropicais como *Panicum* e *Brachiaria* (syn. *Urochloa*) apresentam uma distribuição estacional mais uniforme da produção anual (JANK et al., 2005; PEDREIRA; TONATO, 2010).

Com o uso da irrigação, as produtividades geralmente ultrapassam 35 Mg ha⁻¹ano⁻¹ (NOGUEIRA et al., 2013; TEIXEIRA et al., 2013; QUEIROZ et al., 2012; MARCELINO et al. 2003), chegando a ultrapassar a 40 Mg ha⁻¹ano (SANCHES et al., 2017). No Paraná, em Dois Vizinhos, um ensaio conduzido com *Cynodon nlemfuensis* cv. Estrela Africana sobressemeado com cornichão e azevém (SILVEIRA et al., 2015), revelou que o consórcio não afetou a produção total de forragem, contribuindo com maior acúmulo de forragem e aumento do teor de proteína bruta (PB) durante o período vegetativo das espécies, atingindo acréscimos de 14,5 e 8,7 kg de MS ha⁻¹dia⁻¹ e 3,8 e 4% de PB, respectivamente, nos meses de agosto e setembro.



1.1 A proteína bruta na alimentação animal

As proteínas são macromoléculas biológicas e nutrientes orgânicos, compostas fundamentalmente por carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio e estão presentes em todas as células vivas dos animais, essenciais nos processos de crescimento, reprodução e produção. Por serem um dos principais constituintes do organismo do animal, as proteínas são indispensáveis para diversas funções vitais, tais como: crescimento e reparo dos tecidos, catálise enzimática, transporte e armazenamento, movimento coordenado, sustentação mecânica, proteção imunitária, geração e transmissão de impulsos nervosos e controle do metabolismo, do crescimento e da diferenciação celular (VALADARES FILHO et al., 2019).

O eficiente suprimento proteico deve considerar fontes de qualidade e quantidades suficientes para atender as necessidades diárias, uma vez que o desempenho animal é diretamente associado ao consumo de nutrientes, pois este representa um fator determinante nas exigências de manutenção e de produção (SILVA et al., 2010). Segundo Mertens (1994), aproximadamente 60 a 90% das variações no desempenho animal podem ser associadas às alterações no consumo de nutrientes.

De forma geral, as exigências nutricionais podem variar em uma mesma espécie em função de fatores, como a categoria do animal, em relação ao sexo e condições de lactação, por exemplo. O peso também influencia nas exigências nutricionais, sendo estas tanto maiores quanto mais pesado for o animal, o que implica em uma necessidade diferente para cada unidade de ganho de peso durante o crescimento. Isto justifica, em grande parte, o maior consumo de alimentos por animais mais pesados e a necessidade de maiores áreas de pastagens para animais adultos quando comparados a animais jovens (ALBERTINI et al., 2015).

O conhecimento da demanda proteica pelo animal é essencial para manter os níveis nutricionais adequados e o custo de produção viável, importantes para preservar a rentabilidade da atividade. O cálculo da proteína bruta contida nos alimentos consumidos por ruminantes, por exemplo, assume que o teor de nitrogênio na proteína é de 16% e deve ser multiplicado por 6,25, fator que pode ser alterado dependendo da fonte de alimento (GUIMARÃES et al., 2015).

Neste sentido, o cálculo da quantidade de proteína necessária nas diversas fases do crescimento deve considerar que a deficiência pode implicar no não-atendimento aos requerimentos nutritivos. Por outro lado, o excesso do nutriente também pode ser prejudicial, pois pode aumentar excreções de ureia na urina, demandando maior gasto energético do animal para sintetizar e excretar a ureia, e, ainda, resultar em desperdício do nutriente e aumentar a contaminação ambiental (CAVALCANTE et al., 2005, VALADARES FILHO et al., 2009).

1.2 Características morfológicas e produtivas

1.2.1 Capim bermuda (*Cynodon* spp.)

O capim bermuda está associado a um alto valor nutritivo devido ao seu elevado conteúdo proteico e fibra mais digestível (REZENDE et al., 2015), é um dos gêneros de gramíneas mais difundidos do mundo. É uma gramínea perene, de estação quente por isso tem seu crescimento limitado pelo frio, e que pode se disseminar por rizomas ou estolões, com colmos finos e folhas macias com lâmina estreita, lígula membranosa e leve pubescência na região do colo; também possui boa resistência ao pastejo, porém tem estabelecimento lento e é exigente em fertilidade (ATHAYDE et al., 2005; CORRÊA; FONTANELI et al., 2012a).

Pode ser usado tanto para pastagem quanto para feno, neste último possuem a vantagem de ser altamente responsivo à adubação nitrogenada, com elevado potencial de rendimento, secando a folhagem mais rápido em relação à outras gramíneas (FONTANELI et al., 2012a).

O capim Jiggs, uma variedade do capim bermuda, quando nutrido adequadamente, pode apresentar um índice de perfilhamento superior a Tifton 85 e características nutritivas mais desejáveis à nutrição animal, podendo atingir uma produção de biomassa seca de 10,30 t ha⁻¹, de acordo com a dose e fonte de adubo utilizada (REZENDE et al., 2015). Enquanto o Tifton 85, quando adubado com sulfato de amônio, produziu aproximadamente 25 t ha⁻¹ no primeiro corte, no segundo e terceiro corte, a produtividade foi menor do que 5 t ha⁻¹ (VIÇOSI et al., 2020).

1.2.2 Aveia preta (*Strigosa* cv. Embrapa 29 Garoa)

É uma gramínea de inverno, possui colmo cilíndrico, ereto e glabro, composto por nós e entrenós, as folhas apresentam bainha, lígula obtusa e margem denticulada, com lâminas de até 40 cm de comprimento; a inflorescência é uma panícula que pode ter algumas aristadas ou não; é rústica, possui crescimento rigoroso, pouco exigente em fertilidade e possui grande capacidade de perfilhamento (FONTANELI et al., 2012b).

Schultz et al. (2020) obtiveram uma produtividade de 8,1 t ha⁻¹ de aveia preta cultivada em consórcio com outras culturas. Melo et al. (2011) observaram uma produtividade de 5,17 t ha⁻¹ utilizando adubação orgânica. Silveira et al. (2020) observaram uma produtividade de até aproximadamente 5 t ha⁻¹ utilizando como fonte de nitrogênio a ureia, além de manter a produtividade crescente ao longo dos cortes.



1.2.3 Azevém (*Lolium multiflorum* cv. Fepagro São Gabriel)

É uma gramínea com desenvolvimento satisfatório de forragem no inverno e outono, possui metabolismo C_3 , boa capacidade de rebrotar, resistência ao pisoteio de animais e o seu teor proteico é destacado no seu valor nutricional (COSTA, 2014). Possui ressemeadura anual fácil, é resistente a doenças, não apresenta quedas drásticas no desempenho quando cultivado em consórcio com outras forrageiras, tem bom potencial para produção de sementes; por ser uma espécie temperada possui melhor digestibilidade e teor de proteína dos que as espécies forrageiras tropicais, produz bem em temperaturas que variam entre 20 e 25°C, porém é sensível a estiagem (TONETTO, 2009).

A cultivar de azevém Fepagro São Gabriel apresentou uma produtividade total de 5,9 t ha⁻¹ nas condições avaliadas por Conterato et al. (2016) e 12,67 t ha⁻¹ no segundo corte, observado por Hahn et al. (2015).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o teor de proteína bruta do capim Bermuda irrigado e quando sobressemeado com aveia e azevém.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), em Piracicaba/SP (Figura 1), (latitude 22°42’14” S e longitude 47°37’21” O e altitude de 546 m).

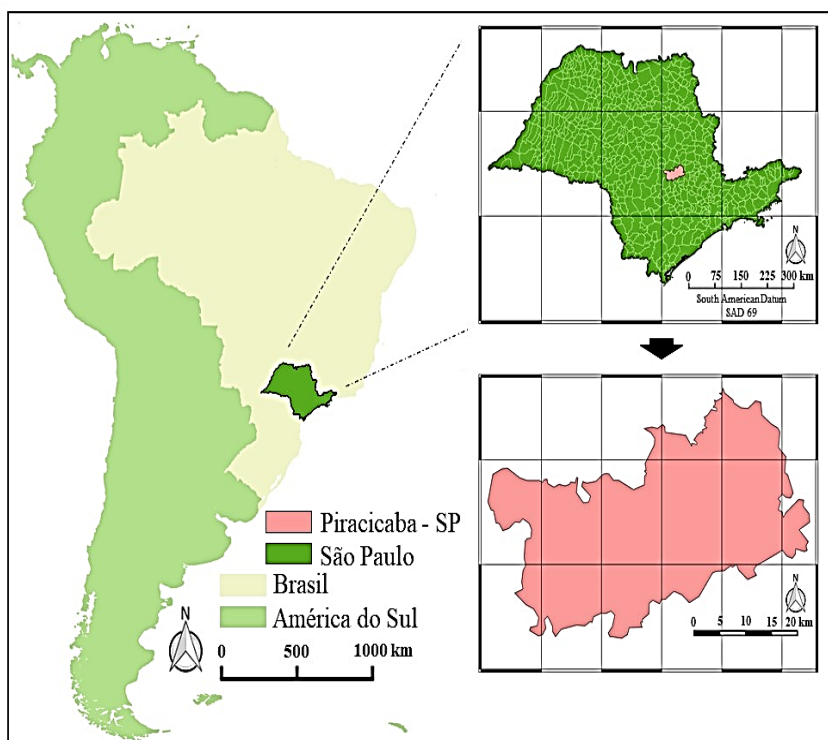


Figura 1: Localização do município onde a pesquisa foi desenvolvida, Piracicaba - SP, 2017

Foi avaliada a forrageira tropical *Cynodon spp.* capim Bermuda em cultivo exclusivo e cultivo sobressemeado com aveia (*Avena Strigosa* cv. Embrapa 29 Garoa) mais azevém (*Lolium multiflorum* cv. Fepagro São Gabriel). A área experimental foi composta por 2 blocos com 8 parcelas experimentais, com geometria quadrática de 6 x 6 m. Foram analisados 14 ciclos durante o ano do capim Bermuda exclusivo e 6 ciclos do capim sobressemeado. O cultivo 1 (Bermuda em cultivo exclusivo) compreendeu o período de 19/02/2016 até 15/02/2017, e o cultivo 2 (Bermuda sobressemeada) ficou compreendido entre 30/04/2016 à 14/10/2016.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico latossólico (SANTOS et al., 2013). A correção da acidez do solo foi baseada no critério de Raij et al. (1997), utilizando corretivos e fertilizantes necessários para atingir alto nível de fertilidade (Tabela 1).

Camada	pH	P	K...Ca...Mg...H+Al...Al					CTC
(cm)	CaCl ₂	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³					mmol _c dm ⁻³
0 - 20	5,3	72	9,4	39	18	31	2	68
20 - 40	4,9	31	4,4	13	10	42	2	39

Tabela 1: Análise química do solo na camada de 0- 20 cm, 20-40 cm. P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = acidez potencial; Al = alumínio trocável; CTC = complexo de troca catiônica.

Foram feitas adubações nitrogenadas fracionadas com ureia após cada ciclo de cultivo, de modo a aplicar 80 kg ha⁻¹ de N em cada adubação, no período de primavera-verão, e 50 kg ha⁻¹ de N no período de outono-inverno. Pesquisas recentes têm demonstrado que em pastagens irrigadas e com adubações nitrogenadas fracionadas, bons resultados produtivos foram alcançados com adubações variando entre 40 e 100 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹ (GOMES et al., 2015; SANCHES et al., 2015).

A irrigação foi realizada em turno de rega fixo e lamina variável em quantidade suficiente para retornar a umidade à capacidade de campo (θ_{cc}). O acúmulo de biomassa foi obtido utilizando-se um quadrado amostrador com área de 0,25 m² (0,5 m x 0,5m). O quadrado foi lançado aleatoriamente nas parcelas experimentais, coletando-se quatro repetições da forragem presente no seu interior, até a altura pré-estabelecida para o resíduo (10 cm). O procedimento de coleta foi repetido a cada ciclo de corte, com 21 dias no período primavera/verão e 33 dias durante o outono/inverno. Foi medida a massa da forragem recém-coletada no campo, retirando-se uma sub amostra de massa verde que foi encaminhada à uma estufa a 105°C por período indeterminado, até que alcance peso constante, para a determinação da porcentagem de matéria seca.

Após determinação da matéria seca, foi analisado o teor de nitrogênio da pastagem (valor nutritivo) ou teor de proteína bruta (PB), conforme de Silva e Queiroz (2002). Assim, a Proteína Bruta (PB) foi determinada pelo método de Kjeldahl, baseado na decomposição orgânica da amostra através da digestão a 400°C, com posterior destilação do nitrogênio presente e sua titulação em solução ácida para

quantificar o percentual de proteína na amostra.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância a 10% de probabilidade, com utilização de Teste de Tukey nos casos de diferenças significativas. O software estatístico utilizado foi o SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho foi desenvolvido em ambiente irrigado, o valor de proteína bruta (PB) no Cynodon exclusivo variou sazonalmente, porém, em grande parte do ano esteve acima dos 15,5% de PB, semelhante a (SANCHES et al., 2017) que obteve valor médio de 16,1% (Figura 1). O valor de PB no cultivo sobressemeado ficou ligeiramente próximo ao cultivo exclusivo, no entanto, no ciclo 9 houve uma resposta negativa com um valor de 13,1% de PB (Figura 1 e Tabela 2).

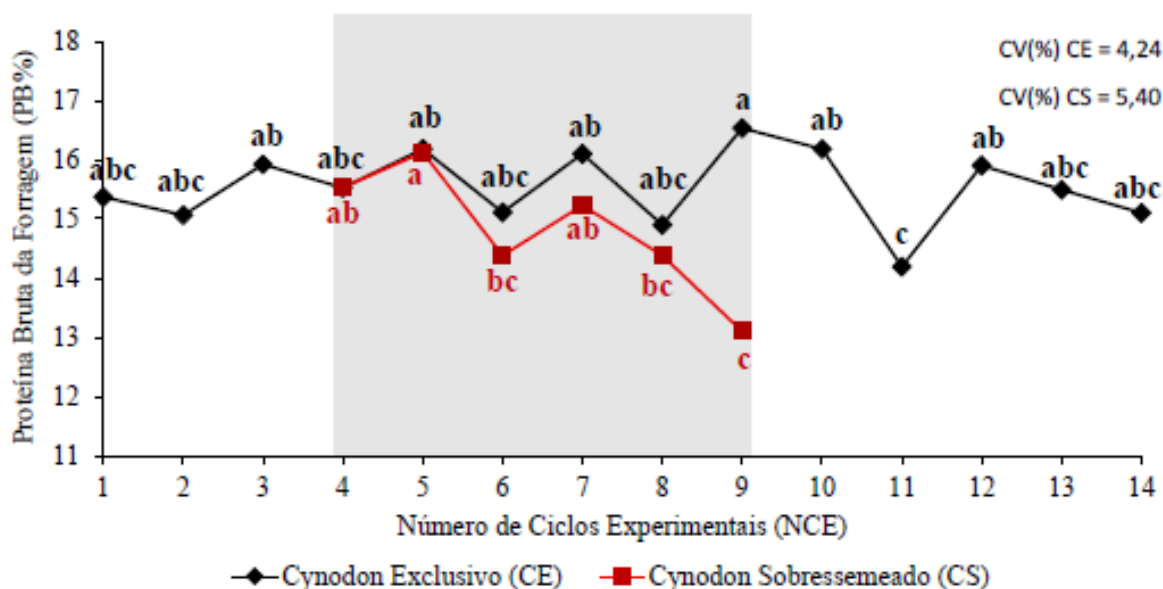


Figura 2: Média de PB de nos ciclos, Piracicaba/SP 2016/2017. *Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas no gráfico não se diferem pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

	Número dos Ciclos Experimentais						Média
	4	5	6	7	8	9	
CE	15,53 ab	16,18 ab	15,11 abc	16,10 ab	14,90 abc	16,53 a	15,72 A
CS	15,53 ab	16,12 a	14,38 bc	15,23 ab	14,38 bc	13,10 c	14,79 B
Média	15,53	16,15	14,74	15,66	14,64	14,82	15,26

Tabela 2: Valores de Proteína bruta (PB%) nos ciclos de out/inv nos cultivos de Cynodon exclusivo (CE) e Cynodon sobressemeada (CS). Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não se diferem pelo teste Tukey ($p < 0,10$)

O valor nutricional do composto forrageiro esteve entre 14-16%, com exceção do ciclo 9. Capins do gênero Cynodon e forrageiras de Inverno agregam alto valor

proteico, sendo estes superiores a 12%, conforme pode ser observado em trabalho de Tifton 85 (*Cynodon*) com aveia (SANCHES et al., 2015), em que os valores médios de PB foram superiores a 14% em sobressemeadura no período de Outono/Inverno.

O *Cynodon* em cultivo exclusivo apresentou valor médio de PB (15,72%) superior ao cultivo sobressemeado (Tabela 2), não corroborando com as maiores respostas em valor nutritivo da sobressemeadura, como a exemplo o trabalho de Silveira et al. (2015), no qual, apresentou acréscimos em torno de 4% no teor de PB em consórcio com forrageiras de inverno.

Nesse experimento, a presença de aveia e azevém em sobressemeadura foi pequena (20% em relação a cultura principal), assim, pouco ou quase nenhuma contribuição da forrageira na composição. Ainda, os cortes foram feitos de acordo com o crescimento do capim *Cynodon*, segundo ciclos aproximado de 21 a 33 dias, o que sugerem ao não fechamento de ciclo da aveia e azevém, que ocorre normalmente aos 45 dias (NERES et al., 2012). Sendo assim, a sobressemeadura, não justifica o teor inferior de Proteína Bruta (PB).

Analisando os teores de PB, os maiores valores foram observados durante o período da primavera (ciclos 9 e 10); esse maior percentual de PB para essa estação é devido à maior relação folha/colmo em plantas jovens, sendo justamente as folhas as responsáveis pelo maior acúmulo de PB das plantas (BARBERO et al.; 2010, TAIZ E ZEIGER, 1991).

4. CONCLUSÕES

Os teores de Proteína Bruta apresentaram valores elevados tanto em cultivo exclusivo como sobressemeado. A sobressemeadura não influenciou nos teores de Proteína Bruta em relação ao cultivo exclusivo.

Referências

- ALBERTINI, T. Z., DE MEDEIROS, S. R., GOMES, R. D. C., FELTRIN, G. **Exigências nutricionais, ingestão e crescimento de bovinos de corte**. Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE), 2015.
- ATHAYDE, A. A. R.; CARVALHO, R. de C. R.; MEDEIROS, L. T.; VALERIANO, A. R.; ROCHA, G. P. da. Gramíneas do gênero *Cynodon* - Cultivares recentes no Brasil. **Boletim Técnico Universidade Federal de Lavras**, v. 73, p. 1-14, 2005.
- BARBERO, L.M.; CECATO, U.; LUGÃO, S.M.B. et al. Produção animal e valor nutritivo da forragem de pastagem de coastcross consorciada com amendoim forrageiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.645-653, 2010.
- CAVALCANTE, M. A. B., PEREIRA, O. G., VALADARES FILHO, S. D. C., RIBEIRO, K. G., CHIZZOTTI, F. H. M.,



- PEREIRA, D. H. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: consumo e digestibilidade total e parcial dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2200-2208, 2005.
- CONTERATO, I. F.; DAVID, D. B.; TRINDADE, J. K.; MALDANER, J.; BREMM, C. Comportamento agrônômico de azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) no estado do Rio Grande do Sul. **Boletim de Indústria Animal**, v. 73, n. 3, p. 198-205, 2016.
- CORRÊA, L. A.; SANTOS, P. M. **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2003. 36p. (Documentos 34).
- COSTA, O. A. D. **Avaliação de cultivares de azevém para produção de feno em diferentes estádios fenológicos**. Universidade Federal de Pelotas (Dissertação de mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2015. 52p.
- FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; MARIANI, F.; PIVOTTO, A. C.; SIGNOR, L. S.; ZANELLA, D. **Gramíneas forrageiras perenes de verão**. In: Fontaneli, R. S.; Santos, H. P.; Fontaneli, R. S. Forrageiras para a integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira. 2. Ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2012a. cap. 8.
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; OLIVEIRA, J. T.; LEHMEN, R. I.; DREON, G. **Gramíneas forrageiras anuais de inverno**. In: Fontaneli, R. S.; Santos, H. P.; Fontaneli, R. S. Forrageiras para a integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira. 2. Ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2012b. 2012b. cap. 4.
- GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; CECATO, U.; FARHATE, C. V. V.; GOES, R. H. T. B. DE; OLIVEIRA, E. DE. Productivity of Tifton 85 grass irrigated and overseeded with winter forages. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 37, p. 123-128, 2015.
- HAHN, L.; MÜHL, F. R.; FELDMANN, N. A.; WERLANG, L.; HENNECKA, J. Gramíneas forrageiras anuais de inverno em cultivo estreme e em sobressemeadura em Tifton 85. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 1159-1169, 2015.
- JANK, L.; VALLE, C. D.; KARIA, C. T.; PEREIRA, A. V.; BATISTA, L. A. R.; RESENDE, R. M. S. Opções de novas cultivares de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 226, p. 26-35, 2005.
- MARCELINO, K. R. A.; VILELA, L.; LEITE, G. G.; GUERRA, A. F.; DIOGO, J. M. S. Manejo da adubação nitrogenada de tensões hídricas sobre a produção de matéria seca e índice de área foliar de Tifton 85 cultivado no cerrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p. 268-275, 2003.
- MELO, A. V.; GALVÃO, J. C. C.; BRAUN, H.; SANTOS, M. M.; COIMBRA, R. R.; SILVA, R. R.; REIS, W. F. Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia-preta cultivada em solo submetido a dezoito anos de adubação orgânica e mineral. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32 n. 2, p. 411-420, 2011.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: Forage quality, evaluation, and utilization. FAHEY JR. (Ed.). Madison: **American Society of Agronomy**, p.450-493, 1994.
- NERES, M. A.; CASTAGNARA, D. D.; SILVA, F. B.; OLIVEIRA, P. S. R. de; MESQUITA, E. E.; BERNARDI, T. C.; GUARIANTI, A. J.; VOGT, A. S. L. Productive, structural and bromatological characteristics of Tifton 85 and Piatã grasses and of pigeonpea cv. Super N, in single or mixed. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, p. 862-869, 2012.
- NOGUEIRA, S. F.; PEREIRA, B. F. F.; GOMES, T. M.; DE PAULA, A. M.; DOS SANTOS, J. A.; MONTES, C. R. Treated sewage effluent: Agronomical and economical aspects on bermudagrass production. **Agricultural water Management**, v. 116, p. 151-159, 2013.
- PEDREIRA, C. G. S.; TONATO, F. Manejo de capins do gênero *Cynodon*: boa opção para a formação de pastagens, esses capins são exigentes em relação a fertilidade do solo. **Embrapa - Infoteca**, v. 1, 2010.
- QUEIROZ, D. S.; MENEZES, M. A.C.; OLIVEIRA, R. A. D.; VIANA, M. C. M.; SILVA, E. A. D.; RUAS, J. R. M. Nitrogen fertilization strategies for xaraes and tifton 84 grasses irrigated in the dry season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 8, p. 1832-1839, 2012.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, ã. M. C. **Recomendações de adubação e ca-**

lagem para o estado de São Paulo. 3. ed., 1997. IAC-Campinas.

REIS, R. A.; SILVA, S. C. Consumo de forragens. In: Berchielli, T. T., Pires, A. V. & Oliveira, S. G. (eds.) **Nutrição de Ruminantes**. FUNEP, Jaboticabal, Brasil. 2011.

REZENDE, A. V.; RABÊLO, F. H. S.; RABELO, C. H. S.; LIMA, P. P.; BARBOSA, L. A.; ABUD, M. C.; SOUZA, F. R. C. Características estruturais, produtivas e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Jiggs fertilizados com alguns macronutrientes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1507-1518, 2015.

SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; FASOLIN, J. P.; SOARES, M. R. C.; GOES, R. H. T. B. de. Produtividade e valor nutritivo do capim Tifton 85 irrigado e sobressemeado com aveia. **Agriambi**, v. 19, n. 2, p. 126-133, fev. 2015.

SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; FRISKE, E.; FASOLIN, J. P. Productivity and nutritive value of Tifton 85 in summer, with and without irrigation under different nitrogen doses. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 2, 2017.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. D.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; AALMEIDA, J. A. de.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília-DF: Embrapa, 2013.

SCHULTZ, N.; PINHEIRO JUNIOR, C. R.; RODRIGUES, G. C. S.; COSTA, E. S. P.; PEREIRA, M. G.; SOBRI-NHO, N. M. B. A. Produção de couve-flor em sistema plantio direto e convencional com aveia preta como planta de cobertura do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 30107-30122, 2020.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed., Viçosa: UFV, 2002.

SILVA, R. R., PRADO, I. N. D., CARVALHO, G. G. P. D., SILVA, F. F., SANTANA JÚNIOR, H. A. D., SOUZA, D. R., DIAS, D.L.S., PEREIRA, M.M., MARQUES, J.A., PAIXÃO, M. L. Novilhos nelore suplementados em pastagens: consumo, desempenho e digestibilidade. **Archivos de zootecnia**, v.59, n.228, p.549-560, 2010.

SILVEIRA, D. C.; MACHADO, J. M.; MOTTA, E. A. M.; MAIDANA, F. M.; FERREIRA, A. P. A. L. Estimativa da conversão em produto animal a partir do uso de Avena strigosa Schreb. submetida a diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Animal**, v. 30, n. 2, p. 9-22, 2020.

SILVEIRA, M. F. da; DIAS, A. M. O.; MENEZES, L. F. G. de; MARTINELLO, C.; VONZ, D.; CAREGNATTO, N. E. Produção E Qualidade Da Forragem De Cornichão Pastagem De Estrela Africana E Azevém. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 6, p. 1801-1808, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Califórnia: The Benjamin/Cummings Publishings Company, 1991. 565p.

TEIXEIRA, A. M.; JAYME, D. G.; SENE, G.A.; FERNANDES, L. O. BARRETO, A. C.; RODRIGUES JÚNIOR, D. J.; GLÓRIA, J. R. Desempenho de vacas Girolando mantidas em pastejo de Tifton 85 irrigado ou sequeiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 5, p. 1447-1453, 2013.

TONETTO, C. J. **Avaliação de genótipos de azevém diploide e tetraploide com manejos distintos de cortes visando duplo propósito**. Universidade Federal de Santa Maria (Tese de doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2009. 54p.

TORRES, A. F. F.; AZAR, G. S.; COSTA, J. R.; CAMPELLO, M. S. C. B. Morfogênese e estrutura do capim *cynodon* spp. em monocultura tanto a pleno sol como em sombreamento artificial. **Iniciação Científica Cesumar** v. 21, n. 2, p. 131-140, 2019.

VALADARES FILHO, S. D. C., CHIZZOTTI, M. L., PAULINO, P. V. R. Exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil: desafios. **Ceres**, v. 56, n.4, p.488-495, 2019.

VIÇOSI, K. A.; AMORIM, N. B.; BRITO, M. A. S.; PELÁ, A. Características bromatológicas e produtividade do capim Tifton 85 submetido a fontes de adubos nitrogenados. **Cultura Agrônômica**, v. 29, n. 1, p. 106-117, 2020.



CAPÍTULO 21

CARACTERIZAÇÃO DE MICROCLIMA EM CULTIVO DE CAFEEIROS CONSORCIADOS COM ESPÉCIES NATIVAS DA MATA ATLÂNTICA

MICROCLIMATE CHARACTERIZATION IN COFFEE CULTIVATION
INTERCROPPED WITH NATIVE SPECIES FROM THE ATLANTIC FOREST

Murillo Cazelato Colombo

Elizeu David dos Santos

Heverly Moraes

Patrícia Helena Santoro

Joaquim André

Resumo

O cultivo de árvores nativas consorciadas com cafeeiros é um sistema complexo que modifica elementos do microclima e do solo, além da fisiologia, fenologia e produção do café. Estudos de interação, caracterização e validação dos componentes do sistema agroflorestal para definir a melhor espécie arbórea e cultivar de cafeeiro a ser utilizado, são de grande importância para o futuro da cultura. O objetivo desse trabalho foi caracterizar o microclima de cafeeiros consorciados com árvores nativas da Mata Atlântica do Norte do Paraná. O experimento foi instalado em abril de 2012 na área experimental do IDR - PARANÁ, na cidade de Londrina, PR. Foram avaliados sistemas agroflorestais de café arábica em consórcio com duas espécies de árvores nativas do Norte do Paraná, sendo elas: *Croton floribundus* (Capixingui) e *Senna macranthera* (Manduirana). Os cafeeiros sombreados foram comparados com um tratamento de café cultivado a pleno sol. Os cafeeiros foram plantados no espaçamento de 2,5m x 0,6m com uma planta por cova e as árvores no espaçamento de 2,5m x 6,0m entre plantas na linha do café. Em cada tratamento foi instalada uma estação meteorológica automática, sendo registrados os dados de temperatura da folha, temperatura do ar, temperatura do solo e umidade do ar. A análise dos dados foi feita no outono de 2019, entre os dias 13 a 22 de maio de 2019. Os resultados demonstraram que o cultivo do café em sistemas agroflorestais podem amenizar os efeitos negativos das altas temperaturas tanto no ar e relva, como nas folhas da planta.

Palavras chave: Coffea sp., Agrometeorologia, Temperatura.

Abstract

The cultivation of native trees intercropped with coffee trees is a complex system that modifies elements of the microclimate and soil, in addition to the physiology, phenology and coffee production. Interaction, characterization and validation studies of the components of the agroforestry system to define the best tree species and coffee cultivar to be used, are of great importance for the future of the crop. The objective of this work was to characterize the microclimate of coffee trees intercropped with native trees of the Atlantic Forest of Northern Paraná. The experiment was installed in April 2012 in the experimental area of IDR - PARANÁ, in the city of Londrina, PR. Agroforestry systems of arabica coffee were evaluated in consortium with two species of trees native to Northern Paraná, namely: *Croton floribundus* (Capixingui) and *Senna macranthera* (Manduirana). Shaded coffee trees were compared to a treatment of coffee grown in full sun. The coffee trees were planted at 2.5m x 0.6m spacing with one plant per hole and trees at 2.5m x 6.0m spacing between plants in the coffee line. In each treatment, an automatic meteorological station was installed, with data on leaf temperature, air temperature, soil temperature and air humidity being recorded. Data analysis was carried out in the fall of 2019, between May 13th and 22nd, 2019. The results showed that the cultivation of coffee in agroforestry systems can mitigate the negative effects of high temperatures both in the air and grass, as well as in the leaves. of the plant.

Key-words: Article, Standards, Formatting



1. INTRODUÇÃO

O bioma Mata Atlântica está entre os mais ameaçados do planeta, devido a quantidade de espécies raras e endêmicas presentes em sua área, além da grande parcela original que já foi destruída com o desmatamento desenfreado. Por esse motivo ele é considerado um dos cinco hotspots mundiais para a conservação (MYERS et al., 2000).

A cultura do café está entre as mais importantes do Brasil, com uma produtividade de 49,64 milhões de sacas na safra 2015/2016. Cerca de 61% dessas sacas foram destinadas à exportação, classificando o país como maior exportador mundial (CONAB, 2017; TRADEMAP, 2017).

O cultivo do café em sistema sombreado é um dos mais antigos da produção de café (*Coffea arabica* L.), principalmente em países da América, como Costa Rica, Guatemala, El Salvador, Colômbia e México. Até a década de setenta, predominavam sistemas sombreados na América latina, com grande diversificação de espécies, conhecidos pelo mínimo impacto ambiental e baixa produtividade. Após os anos setenta as inovações tecnológicas eliminaram o manejo sombreado, aumentando a densidade de plantio e utilizando cultivares adaptadas ao cultivo pleno sol, porém altamente dependentes de fertilizantes minerais (PERFECTO et al., 1996).

Segundo Ewel (1999) os Sistemas Agroforestais (SAFs), buscam reproduzir as florestas naturais em estrutura e função, apresentando fatores benéficos para a produção agrícola e meio ambiente. As árvores mais utilizadas em consorciação com café no Brasil são: grevilea, seringueira, cajueiro, e frutíferas como banana, coco, palmito, pupunha entre outras (PEZZOPANE et al., 2007).

Os SAFs podem ser apresentados em diversos usos de terra, sendo árvores e arbustos são integrados a cultivos agrícolas, pastagens e/ou animais. Essa integração melhora a sustentabilidade do uso da terra, além de verticalizar a produção, trazendo diferentes fontes de renda ao produtor. As principais formas de arranjos são: Silviagrícolas, árvores/arbustos com culturas agrícolas; Silvipastoris, árvores/arbustos com pastagens e/ou animais; agrossilvipastoris, árvores/arbustos com culturas agrícolas, pastagens e/ou animais (MEDRADO, 2000).

Os sistemas de produção de café arborizados na América Latina, devido a sua rusticidade, estão ligados à restauração das espécies nativas, buscando equilibrar as vantagens da proteção da biodiversidade no agroecossistemas com a rentabilidade adquirida pela cultura em si (PHILPOTT et al. 2008).

Estudar as interações microclimáticas entre o ambiente e os componentes de um agrossistema, observando crescimento e fatores de produção é requisito básico para caracterizar a viabilidade de cultivos consorciados na agricultura. O tipo de



árvore do sistema, bem como sua área foliar determina a grandeza das modificações microclimáticas, além da estação do ano, hora do dia e ponto de amostragem (BRENNER, 1996).

Ao contrário do que se pode pensar, as práticas alternativas de agricultura, designam mais poder e dignidade ao agricultor, devido a valorização do seu conhecimento cultural, ele pode ser caracterizado como um ser sintrópico no globo terrestre (GÖTSCH, 1995). Outra promissora característica que colocará o agricultor de manejo sustentável em uma posição privilegiada é a pressão dos próprios consumidores por produtos mais saudáveis e procedentes de manejos conservacionistas (EHLERS, 1996).

A consorciação do cafeeiro com espécies arbóreas proporciona vantagens ao sistema de cultivo, como: menor demanda por nutrientes, maior longevidade da cultura, melhores condições edáficas e climáticas favoráveis ao desenvolvimento do cafeeiro, proteção contra ventos e geadas além de garantir uma maturação mais lenta e uniforme dos frutos (LEAL, 2004).

Embora a competição exercida pelas árvores por luz, água e nutrientes possa causar redução da produção, Morais et al. (2009) e Ricci et al. (2006) observaram que o sombreamento não reduziu a produtividade do cafeeiro quando comparado ao cultivo a pleno sol

Junior et al. (2012) mostraram que o cafeeiro está sofrendo os efeitos da elevação da temperatura, causados pelas mudanças climáticas e aquecimento global, destacando a importância da prática do manejo consorciado com outras culturas que promovem sombreamento.

Um parâmetro importante para ser estudado é a temperatura das folhas, pois quando muito altas limitam o desempenho fotossintético, podendo causar aborto de flores, escaldadura, reduzir produtividade, entre outros efeitos negativos (DAMATTA, 2004). Temperaturas baixas e geadas também trazem efeitos negativos para os cafeeiros em função de sua maior ou menor frequência e intensidade (CARAMORI et al., 2000).

A proteção contra geadas também é outra vantagem dos Sistemas Agroflorestais (SAFs). A proteção é gerada pelas copas das árvores, que interceptam a radiação eletromagnética de ondas longas que são emitidas pela superfície, aumentando a temperatura no interior do dossel em noites com baixas temperaturas (CARAMORI et al., 1999; MORAIS et al., 2006).

Estudos conduzidos no Paraná pela equipe IAPAR entre 1985 e 2004 demonstraram que a proteção temporária, na fase de formação de espécies de hábito anual e arbustivo, com uma população relativamente pequena de espécies arbóreas, trouxe maior proteção as plantas de café contra as geadas que ocorreram nas últimas décadas (CARAMORI et al., 1987; CARAMORI et al., 1995; CARAMORI et



al., 1996; CARAMORI et al., 1997; CARAMORI; MORAIS, 1999; CARAMORI et al., 1999; CARAMORI et al., 2001; MORAIS et al., 2003; MORAIS et al., 2004).

No período diurno, a maior parte da energia líquida disponível é destinada a evapotranspiração (calor latente) e aquecimento do ar e do solo (calor sensível). No período noturno, a superfície vai perdendo calor progressivamente, principalmente influenciada pelos processos de radiação e condução. Baixos teores de umidade e exposição ao céu aberto intensificam a perda de radiação. Deste modo, as copas das árvores acima do cafeeiro interceptam a radiação que é emitida pela superfície refletindo a mesma ao solo, minimizando o resfriamento noturno. Sendo assim, nas noites de geada, as temperaturas das folhas do sistema sombreado podem permanecer entre 1 a 4°C acima das folhas do sistema pleno sol (CARAMORI et al., 1999).

Quando um estudo contém muitas variáveis, a análise univariada pode não ser tão precisa, devido necessidade de conhecer as informações fornecidas pelo conjunto das variáveis e suas relações (VICINI; SOUZA, 2005).

Estudos com cultivos de café sombreado geralmente obtêm dados de diversas variáveis, sendo que em muitos casos, ocorre correlações significativas entre elas. Os recursos de análise multivariada podem contribuir para a interpretação dos resultados, como por exemplo a Análise de Componentes Principais (ACP). O produto final da ACP é um gráfico onde são plotadas amostras e variáveis em dois eixos cartesianos. Quanto maior a proximidade entre as variáveis, maior a correlação entre elas. Conseqüentemente quanto mais próximas duas amostras demonstra uma maior semelhança entre elas em relação as variáveis conduzidas no experimento.

Baseado nestas informações o objetivo do presente estudo foi coletar dados de variáveis climáticas em um sistema consorciado de café com diferentes árvores nativas da mata atlântica e comparar com o café cultivado a pleno sol.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no IDR-PARANÁ (Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – Iapar/Emater) (Figura 1), PR (23°21'27"S; 51°09'34"O; 573m). O clima da região é classificado como Cfa, segundo Köppen. A temperatura média anual é de 21°C, sendo a média do mês mais quente (janeiro) de 24°C e a média do mês mais frio (junho) de 17°C. Com precipitação média anual de 1600 mm, os meses mais chuvosos são dezembro, janeiro e fevereiro e os meses mais secos junho, julho e agosto (Iapar, 2019).





Figura 1: Área experimental em que foi realizado o presente estudo. IDR-PARANÁ.
Fonte: os autores (2020)

A cultivar de café utilizada foi a IAPAR 98. Foram avaliados os microclimas de duas espécies arbóreas: Capixingui (*Croton floribundus*) e Mandiurana (*Senna macranthera*) cultivados em consórcio com plantas de café, além de um tratamento de café cultivado a pleno sol. Os dados foram coletados entre os dias 13 a 22 de maio de 2019 e posteriormente planilhados em Excel para a confecção dos gráficos. O consórcio teve início com os cafeeiros plantados em abril de 2012 no espaçamento de 2,5m entre linhas e 0,6m entre plantas, com uma muda por cova. As árvores foram plantadas em 11 a 15 de maio de 2012, com 20 plantas de cada espécie arbórea por parcela, no espaçamento de 2,5m x 6,0m distribuídos na linha do café.

A temperatura do ar foi aferida em 4 posições: uma altura de 2,0 m acima da copa do cafeeiro (utilizando sensor modelo HMP45C, ref. com. Campbell Scientific) (Figura 2). Também a 1,5 m, 0,5 m do solo e na relva. A temperatura da folha foi avaliada na porção mediana do ramo plagiotrópico e ortotrópico. A temperatura do solo foi aferida em duas profundidades, 5 e 10cm abaixo da superfície. Sendo os sensores acima citados do modelo cobre-constantan. Também foi monitorada a umidade relativa do ar acima da copa do cafeeiro.



Figura 2: Estações de medição de temperatura. A esquerda o sensor instalado juntamente com a espécie Mandiurana e a direita a estação a pleno sol
Fonte: os autores (2020)

As leituras foram realizadas a cada segundo e obtido médias a cada 15 minutos e médias diárias. Os dados foram armazenados em um coletor digital de dados (ref. com. Campbell Scientific, Datalogger CR1000) (Figura 3), e posteriormente transferidos para um computador e analisados no software Excel.



Figura 3: Coleta dos dados em DATALOGGER
Fonte: os autores (2020)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudos realizados por Pezzopane et al. (2007), caracterizaram o efeito do sombreamento como um atenuador da temperatura do ar entre 2 e 3°C. Coltri (2012) encontrou temperaturas menores em cultivos consorciados com espécies arbóreas no estado de São Paulo, demonstrando a importância da arborização para atenuar o microclima local, principalmente nos meses mais secos do ano.

As temperaturas médias do ar estão apresentadas na figura 3. Nota-se que em todos os tratamentos consorciados em sistema agroflorestal, as temperaturas são mais amenas comparadas ao cultivo a pleno sol, a média no cultivo a pleno sol durante os dias do experimento foi de 27,9 °C enquanto a média dos outros tratamentos foi de aproximadamente 19,5 °C uma diferença em torno de 8,5 °C.

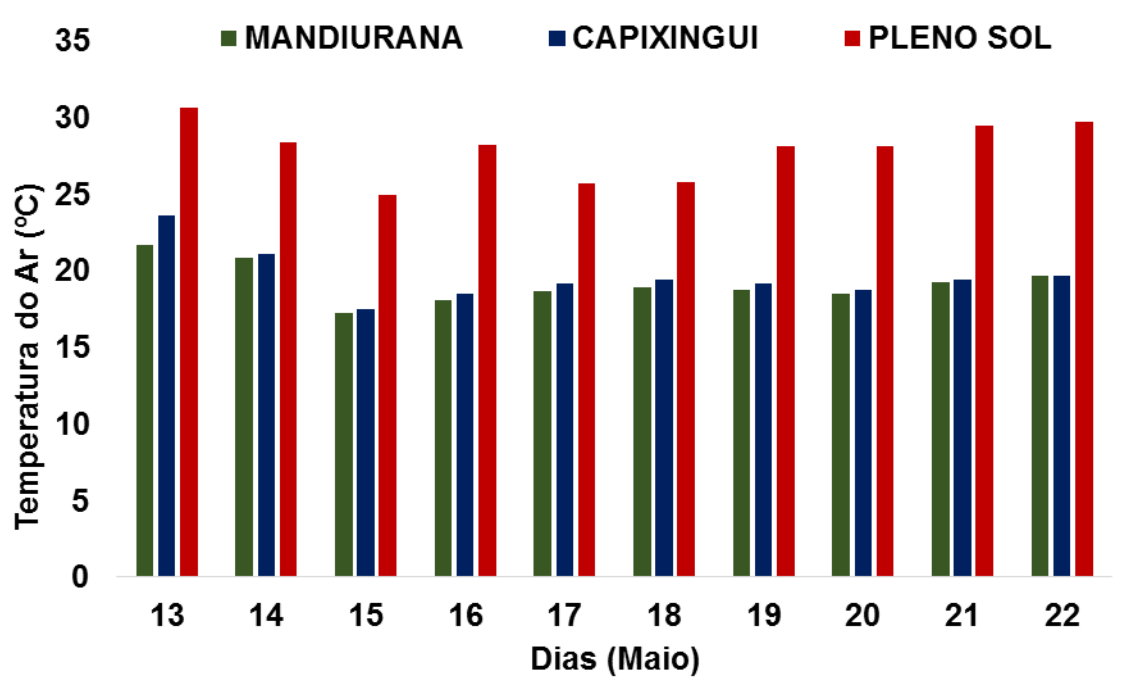


Figura 3: Temperatura do ar nos SAFs comparados ao café pleno sol.

A temperatura do ar é uma medida realizada por meio de termômetros e ela está diretamente envolvida no processo de evapotranspiração das culturas, uma vez que a radiação solar que a atmosfera absorve juntamente com o calor emitido pela superfície das espécies cultivadas elevam a temperatura do ar. Assim quanto maior o calor da atmosfera, maior sua demanda por água na forma de vapor, a qual é conseguida por meio da evapotranspiração (LIMA FILHO; TEIXEIRA, 2020).

Assim em locais que as plantas são cultivadas a pleno sol a temperatura do ar é mais elevada e portanto as taxas de evapotranspiração também são maiores. Já em locais que se conseguem inserir espécies arbóreas, cria-se um microclima que diminui a temperatura média do ar, diminuindo essa demanda hídrica, permitindo assim um maior conteúdo de água nas plantas (MINAKI; AMORIM, 2013).

Estas características estão diretamente envolvidas com as características fisiológicas da planta, ou seja, em situações em que a demanda atmosférica é elevada as atividades fotossintéticas são diminuídas. Entretanto com o fechamento estomático, ocorre diminuição da difusão do CO₂ e portanto a taxa fotossintética é diminuída, e conseqüentemente a produção pode ser afetada.

Além disso, temperaturas muito elevadas, além de reduzir as atividades fisiológicas da planta podem afetar negativamente seus processos bioquímicos. Em condições de alta demanda atmosférica, ocorre o fechamento estomático (diminuição da condutância estomática), a fim de que a célula não se desidrate por completo, entretanto, com a ocorrência deste fechamento, aumenta-se a temperatura foliar, deixando a planta em situação de estresse (LOPES; LIMA, 2015).

Assim, em locais onde se cultiva espécies agrícolas consorciadas com espécies arbóreas, além de ocorrer a diminuição da temperatura do ar, ocorre uma manutenção dos teores de água no sistema, permitindo que as atividades metabólicas e fisiológicas da planta não sejam afetadas, e portanto a produtividade não é reduzida. Um indício destas características é o aumento dos teores de matéria orgânica no sistema, conforme constatado por Muller et al. (2004), em que com o objetivo de buscar alternativas do uso da terra para cafeicultores de Minas Gerais, utilizaram sistema agroflorestal com cedro australiano. Os resultados demonstraram um aumento de M.O. e diminuição de temperatura, quando comparado ao cultivo de pleno sol.

A umidade do ar não foi uma variável muito influenciada pelo efeito do sombreamento nos tratamentos, considerando todo o período amostral as médias mais baixas foram Senna e Capixingui com aproximadamente 90% de umidade, enquanto o tratamento a pleno sol obteve média de 93%. De maneira geral, afirma-se que não houve diferença de umidade entre os três cultivos de cafeeiro, uma vez que em condições de chegada da geada, a umidade relativa do ar manteve-se elevada.



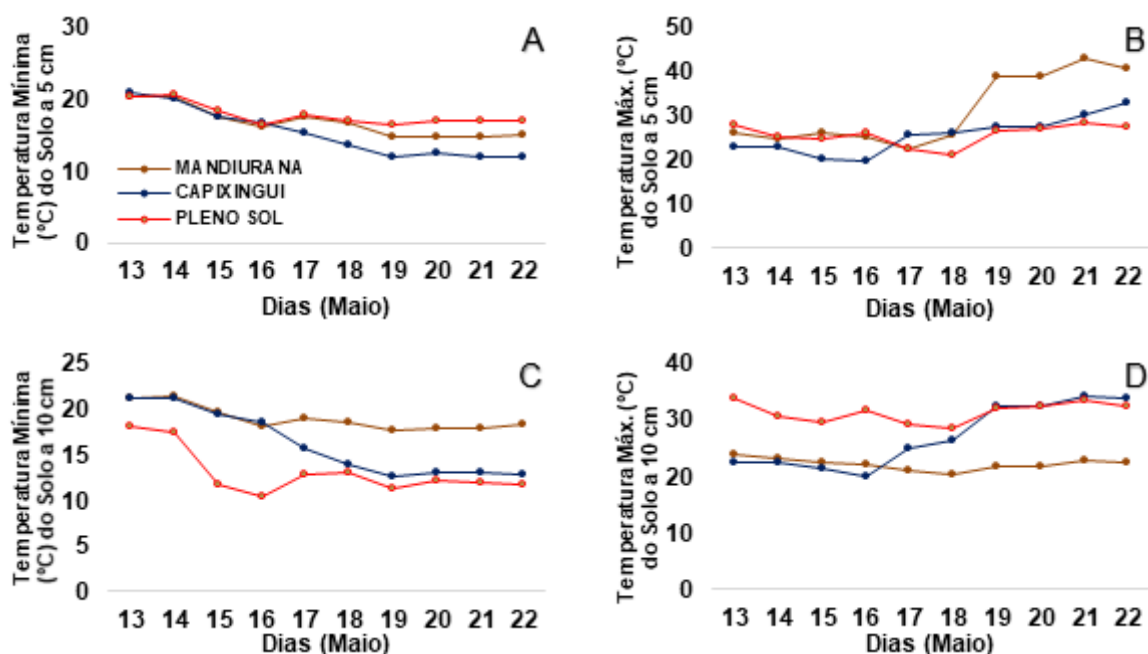


Figura 4: Temperaturas médias do solo a 5 e a 10 cm de profundidade.

Quando analisados os dados de temperatura mínima do solo dos tratamentos a uma profundidade de 5 cm, os resultados demonstram que os três tratamentos obtiveram comportamento igual nos primeiros quatro dias, contudo, a partir do dia 17 a temperatura no tratamento com a espécie arbórea Capixingui, foi menor que os demais tratamentos, enquanto que no tratamento a pleno sol a temperatura manteve-se maior que as demais (Figura 4A).

Já na temperatura máxima a 5 cm os resultados tornam-se contrastantes, em que observa-se que nos quatro primeiros dias os tratamentos Pleno Sol e Mandiurana foram iguais, enquanto que Capixingui apresentou as menores médias. A partir do sexto dia o tratamento Mandiurana apresentou as maiores temperaturas, em relação as demais, indicando portanto que esta espécie arbórea mantém uma maior temperatura máxima do solo a 5 cm, ou seja, mantém uma temperatura em média 10 °C e 12,9 °C a mais que o tratamento Capixingui e pleno sol, respectivamente (Figura 4B).

Na avaliação de temperatura mínima a 10 cm do solo (Figura 4C), nota-se que nos quatro primeiros dias, as duas espécies arbóreas manteve uma maior temperatura mínima quando comparado ao tratamento pleno sol, entretanto, a partir do quinto dia, apenas o tratamento Mandiurana manteve os maiores valores de temperatura mínima, em média 18,2 °C, enquanto que os demais tratamentos comparados a ele diminuíram a temperatura mínima em 5° C. Estes resultados indicam que o tratamento Mandiurana mantém as temperaturas mínimas mais elevadas. Porém, na avaliação da temperatura máxima do solo a 10 cm (Figura 4D), observa-se que Mandiurana comportou-se inversamente ao ocorrido em 5 cm, ou seja, obteve as menores temperaturas máximas, enquanto que os tratamentos Pleno sol e Capixingui aumentaram a temperatura máxima.

Para as temperaturas de relva (Figura 5), observa-se que para as temperaturas mínimas não observou-se diferença entre os tratamentos, ou seja, obtiveram comportamento próximos. No entanto, nos dois primeiros dias de avaliação as temperaturas mínimas estavam mais elevadas que os demais dias em 4 °C. Já para a temperatura máxima, como já esperava-se, os cafés submetidos ao tratamento a pleno sol obtiveram a maior média do experimento, em todos os dias de avaliação, enquanto que as espécies arbóreas apresentaram menores valores de T °C máxima de relva.

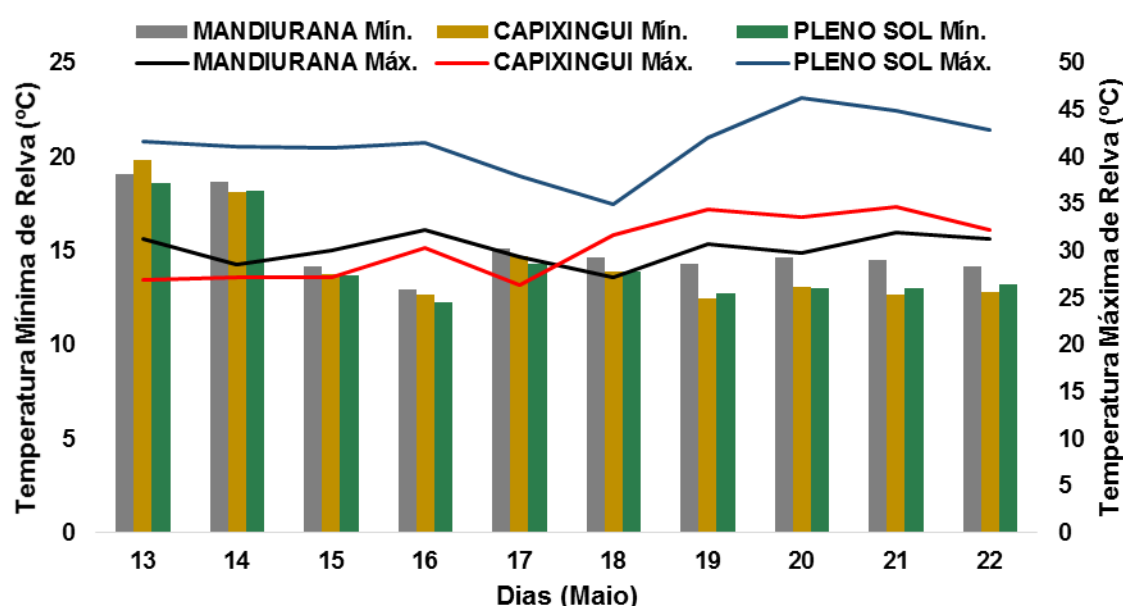


Figura 5: Temperaturas mínimas e máximas de relva.

A figura 6 demonstra as temperaturas mínimas e máximas das folhas de café. Para as temperaturas mínimas de folha, os dois primeiros dias demonstram que todos os tratamentos apresentaram maiores valores (18,3 °C) que os demais dias de avaliação, os quais tiveram média de 12,36 °C. Já em relação as temperaturas máximas das folhas de café, é possível observar que os maiores valores se deram no tratamento a pleno sol (33,73 °C), seguida pelo tratamento Mandiurana (31,42 °C), enquanto que a temperatura máxima da folha foi mais amena na espécie arbórea *Croton floribundus* (26,26 °C). Um estudo de Pinto et al. (2008) recomenda a arborização como uma grande aliada para a adaptação da cultura em regiões de clima muito quente.

As folhas sombreadas são mais eficientes na assimilação de CO₂ quando comparada as folhas que estão expostas ao sol, pois em condições de elevada luminosidade, as folhas podem ter um aumento de até 20 °C acima da temperatura ótima, afetando os processos fisiológicos.

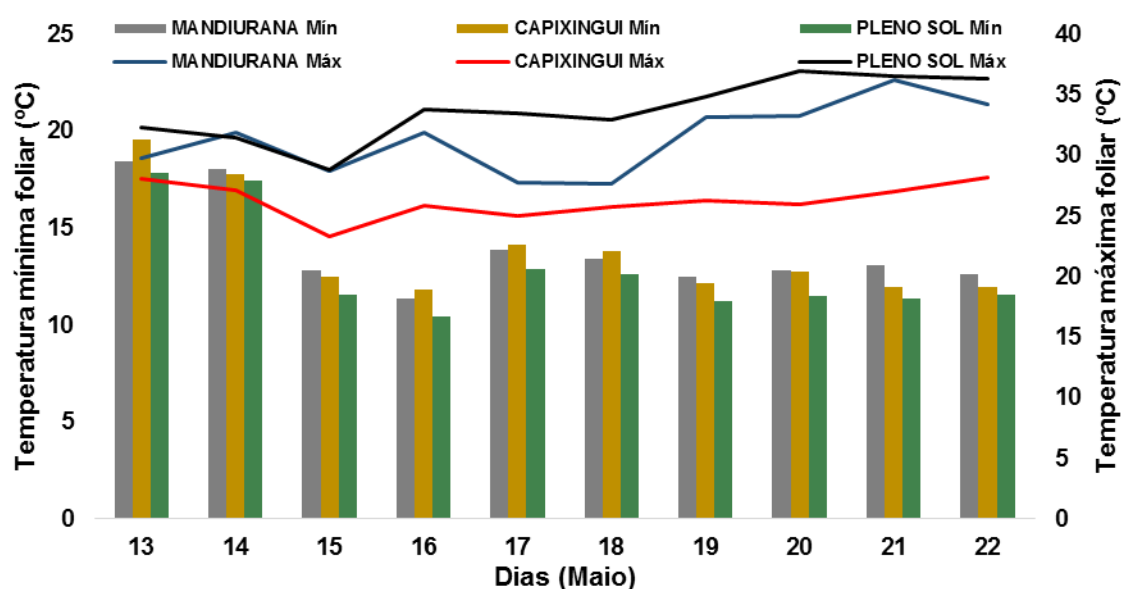


Figura 6: Temperatura mínimas e máximas das folhas de café cultivado sob sombreamento ou a pleno sol.

A figura 7 demonstra a análise de Componentes Principais, em que é possível observar que a soma dos dois primeiros componentes principais explicam 100% dos resultados encontrados no presente estudo. É possível observar que as temperaturas mínimas sempre se contrastam com as temperaturas máximas, exceto para a temperatura mínima do solo a 5 cm, conforme já discutido anteriormente. Estes resultados são mais confirmados pela Umidade do ar, em que se aumenta os valores de umidade do ar, as temperaturas mínimas são diminuídas, pois conforme há uma maior concentração de água na atmosfera, ou no microclima propriamente dito, as temperaturas tendem a diminuir, pois a demanda atmosférica não está elevada.

Ainda analisando a Figura 7, observa-se que a Temperatura máxima do solo a 5 cm (TMAS5), temperatura mínima de relva (TMIRELVA), temperatura mínima do solo a 10 cm (TMIS10), são correlacionadas entre si, ou seja, conforme aumenta-se a temperatura máxima do solo a 5 cm, de modo igual, aumenta-se a temperatura mínima do solo a 10 cm, bem como a temperatura mínima de relva também é elevada. De modo contrastante, estas variáveis são correlacionadas negativamente com as demais variáveis estudadas.

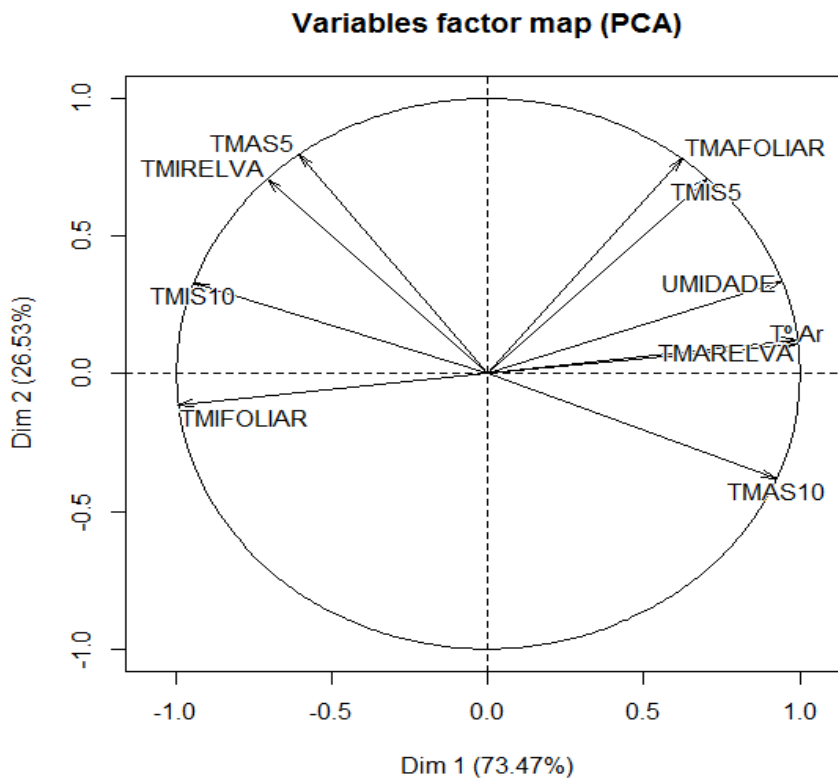


Figura 7 – Análise de Componentes Principais das variáveis analisadas.

4. CONCLUSÃO

A prática da agricultura em sistemas agroflorestais ameniza as temperaturas no interior do dossel. Devido as características fisiológicas da cultura do café, o sombreamento com espécies arbóreas apresentou resultados positivos quando comparados aos cafeeiros manejados a pleno sol.

A espécie Mandiurana foi aquela com valores mais expressivos em relação as temperaturas mínimas e máximas do solo a 5 e a 10 cm.

Em sistemas sombreado, o consórcio de café com a espécie Capixingui permite menores valores de temperatura máxima foliar.

Referências

- BRENNER, A. J. Microclimatic modifications in agroforestry. In: Ong, C. K.; Huxley, P. (ed.). **Tree-crop interactions – A physiological approach**. Cambridge: University Press, 1996. cap.5, p.159-188.
- COLTRI, P.P. Mitigação de emissão de gases de efeito estufa e adaptação do café arábica e condições climáticas adversas. Tese de Doutorado, UNICAMP, 2012.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. 2017. Series históricas. www.conab.gov.br Acesso em 18 de maio de 2019.
- CARAMORI, P. H. et al. Arborização do cafeeiro com *Leucaena leucocephala* para proteção contra geadas. In: **V Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Anais do V Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belém: 1987.
- CARAMORI, P. H., ANDROCIOLI FILHO, A., BAGGIO, A. Arborização do cafezal Com *Grevilea Robusta* no Norte do Estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia, Instituto Paranaense de Tecnologia - TECPAR**, v.38, n.4, p.1031 - 1037, 1995.
- CARAMORI, P. H., ANDROCIOLI FILHO, A., LEAL, A.C. Coffe shade with *Mimosa scrabella* Benth. For frost protection in Southern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 33. p. 205-214, 1996.
- CARAMORI, P. H. Arborização dos Cafezais Para Proteção Contra Geadas Na Região Sul do Brasil. In: 7a. Reunión Argentina y 1a. Latinoamericana de agrometeorologia. Actas da 7a. **Reunión Argentina y 1a. Latinoamericana de agrometeorología**. Buenos Aires, Argentina: 1997. p.17 - 18.
- CARAMORI, P. H.; LEAL, A. C.; MORAIS, H. Temporary shading of young coffee plantations with pigeonpea (*Cajanus cajan*) for frost protection in southern Brazil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.2, p.195-200, 1999.
- CARAMORI, P.H.; MANETTI FILHO, J.; LEAL, A. C; MORAIS, H. Geada: técnicas para proteção dos cafezais. IAPAR, 2000. 36p. Circular, 112
- EHLERS, E. **Agricultura Sustentável**. Origens e perspectivas de um novo paradigma. São Paulo: Livros da Terra, 1996. 178p.
- EWEL, J. J. Natural systems as models for the design of sustainable systems of land use. **Agroforestry Systems**, 45:1-21, 1999.
- GÖTSCH, E. **Break-thrupugh in agriculture**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1995. 22p.
- HAAG, P. H. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1975. 144 p.
- IAPAR. Médias históricas em estações do IAPAR. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Palmas.htm Acesso em 28 de maio de 2019.
- JUNIOR, W. C. J.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; MORAES, W. B.; AMARAL, J. F. T.; Tomaz, M. A.; ALVES, F. R. Mudanças climáticas globais e seus potenciais impactos sobre a cafeicultura brasileira. In: TOMAZ, M. A. (Org.) **Tecnologias para a sustentabilidade da cafeicultura. Produção vegetal**. Universidade Federal do Espírito Santo. 2012.
- LEAL, A. C. Avaliação de espécies florestais para arborização de cafeeiros no Norte do Paraná: efeitos na produtividade e na proteção contra geadas de radiação. 2004. 128 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- LIMA FILHO, José Moacir P.; TEIXEIRA, Antonio Heriberto de C. **Temperatura do ar**. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_79_24112005115223.html>. Acesso em: 04 jul. 2020
- LOPES, Nei Fernandes; LIMA, Maria da Graça de Souza. **Fisiologia da produção**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015.492 p.



MEDRADO, M.J.S. Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações. In: GALVÃO, A.P.M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Colombo: Embrapa Florestas, 2000. cap 15, p.269-312.

MINAKI, Cíntia; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Análise da temperatura e da umidade relativa do ar na primavera-verão em Araçatuba/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 9, v. 13, jul-dez, 2013.

MORAES G.; CHAVES A.; MARTINS S.C.V.; BARROS R.S.; DAMATTA F.M. Why is it better to produce coffee seedlings in full sunlight than in the shade? A morphophysiological approach. *Photosynthetica*, v.48, p.199-207, 2010.

MORAIS, H., CARAMORI, P.H., RIBEIRO, A.M.A., GOMES, J.C., KOGUSHI, M.S. Microclimatic characterization and productivity of coffee shaded with pigeonpea and unshaded in southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, 2006.

MORAIS, H. et al. Leaf anatomy of *Coffea arabica* grown under the shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*) and under full sun. **Brazilian Archives of Biology and Technology** (no prelo). Curitiba: 2003.

MORAIS, H. Modifications on Leaf Anatomy of *Coffea arabica* caused by Shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 47, n. 6, p. 863-871, 2004.

MULLER, Juliana Salino et al. Sistemas Agroflorestais com café (*Coffea arabica* L.) e cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. Var. *australis* (F. Muell.) Bahadur) na Zona de Mata de Minas Gerais: estudo de caso. **Agrossilvicultura**, v. 1, n.1, p. 51-60, 2004.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G. DA; FONSECA, G. A. B. da; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403: p.853 - 858, 2000.

PERFECTO, I.; RICE, R. G.; VOORT, E. M. van der. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. **BioScience**, [S.l.], v. 46, n. 8, p. 598-608, 1996.

PEZZOPANE, J. R. M.; GALLO, M. J. P. B.; CAMARGO, M. P. B.; FAZUOLI, L. C. Avaliações fenológicas e agrônomicas em café arábica cultivado a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Anã'. *Bragantia*, v. 66, n. 7, p.701-709, 2007.

PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; GALLO, P.B. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.3, p.256-264, 2007.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; ZULLO JUNIOR, J.; EVANGELISTA, S. R. de M.; OTAVIAN, A. F.; ÁVILA, A. M. H. de; EVANGELISTA, B. A.; MARIN, F.; MACEDO JUNIOR, C.; PELLEGRINO G.; COLTRI, P. P.; CORAL, G. A nova geografia da produção agrícola no Brasil. In: DECONTO, J. G. (Coord.). Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil. Campinas: **Embrapa Informática Agropecuária**: Unicamp, 2008. 82p.

PHILPOTT, S. M.; ARENDT, W. J.; ARMBRECHT, I.; BICHIER, P.; DIESTCH, T. V.; GORDON, C.; GREENBERG, R.; PERFECTO, I.; REYNOSO-SANTOS, R.; SOTOPINTO, L.; TEJEDA-CRUZ, C.; WILLIAMS-LINERA, G.; VALENZUELA, J.; ZOLOTOFF, J. M. **Conservation Biology**, v. 22, n. 5, p. 1093-1105, 2008.

TRADE MAP. Trade Statistics For International Business Development. Disponível em: <www.trademap.org>. Acesso em 15 maio 2019.

VICINI, Lorena; SOUZA, Adriano Mendonça. **Análise Multivariada da teoria à prática**. 2005, Santa Maria, 215 p.



CAPÍTULO 22

AVALIAÇÃO DO REGIME DE PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DO MARANHÃO EM RESPOSTA A UM EXTREMO POSITIVO NO CAMPO DE GELO MARINHO ANTÁRTICO

EVALUATION OF THE MARANHÃO PRECIPITATION REGIME IN
RESPONSE TO A POSITIVE EXTREME IN THE ANTARCTIC SEA ICE
FIELD

**Thalita Mirian Santos Furtado
Wesley Barbosa Lima Barbosa
Atila Vinícius Oliveira Rocha
Adilson Matheus Borges Machado
Cláudia Klose Parise**

Resumo

Globalmente, a Antártica é uma das regiões mais sensíveis às variações climáticas, onde oscilações atmosféricas e oceânicas geradas em resposta à variabilidade do gelo marinho e continental afetam diretamente o clima do Brasil. Embora os impactos do atual aumento do gelo marinho Antártico no clima global sejam mais conhecidos que localmente, a regionalização de cenários climáticos especialmente nas regiões de maior sensibilidade às mudanças climáticas é imprescindível para a tomada de decisão. Sendo assim, o objetivo central deste estudo foi analisar a resposta do campo de precipitação no estado do Maranhão a condições extremas de gelo marinho antártico (GMA) para um cenário futuro de curto termo (2020 a 2024). Os dados foram obtidos a partir das simulações numéricas globais com o Modelo Acoplado do GFDL. Após o pré-processamento dos dados para o domínio do Maranhão, foi calculada a climatologia trimestral com janela móvel de 1 mês (ie., DJF, JFM, FMA, ... NDJ) em relação à média anual total. Os resultados encontrados mostram que as maiores variações de precipitação ocorrem na direção sazonal, sendo as regiões sul e central do estado as mais impactadas, onde se observou um aumento das chuvas para essas regiões, o que pode ocasionar diversos impactos socioeconômicos. O conhecimento sobre o impacto de eventos extremos sobre a precipitação é fundamental para a construção de cenários climáticos futuros que podem subsidiar a construção de políticas públicas no que diz respeito às mudanças climáticas que ocorrem no estado do Maranhão.

Palavras-Chave: Gelo Marinho Antártico, Precipitação, Maranhão.

Abstract

Globally, Antarctica is one of the regions most related to climatic variations, where atmospheric and oceanic oscillations generated in response to sea ice variability and directly affect continental Brazil's climate. Although the impacts of the current increase in Antarctic sea ice on the global climate are better known than locally, regionalization of climatic scenarios, especially in regions of greater sensitivity to climate change, is essential for decision making. Thus, the main objective of this study was to analyze the response of the differentiation field in the state of Maranhão in extreme conditions of Antarctic sea ice (GMA) for a short-term future scenario (2020 to 2024). The data were obtained from global numerical simulations with the GFDL Coupled Model. After pre-processing the data for the Maranhão domain, the quarterly climatology with a 1-month moving window (ie, DJF, JFM, FMA,... NDJ) was calculated in relation to the total annual average. The results found show that the greatest changes in transformation occur in the seasonal direction, with the southern and central regions of the state being most impacted, where an increase in rainfall is observed for these regions, which can cause several socioeconomic impacts for these regions. Knowledge about the impact of extreme events on capacity is fundamental for the construction of future climate scenarios that may support the construction of public policies, not with regard to the climate changes that occur in the state of Maranhão.

Keywords: Antarctic EPGM, Precipitation, Maranhão.



1. INTRODUÇÃO

Várias discussões são levantadas sobre o impacto das mudanças climáticas sobre diversas atividades humanas como agricultura, produção de energia, economia e segurança, ainda mais em se tratando de eventos climáticos extremos. Globalmente, a Antártica é uma das regiões mais sensíveis às variações climáticas, onde oscilações atmosféricas e oceânicas geradas em resposta à variabilidade do gelo marinho e continental afetam diretamente o clima do Brasil.

O conjunto de sistemas atmosféricos que atua nas regiões tropicais e subtropicais da América do Sul recebem influência de teleconexões ou trem de ondas de baixa frequência oriundas de latitudes austrais remotas (p.e., CARPENEDO, 2013). A região Antártica é o principal sorvedouro de energia da Terra, tendo papel essencial na circulação atmosférica e oceânica e, conseqüentemente, no clima global.

Segundo Cavalieri e Parkinson (2008), o gelo marinho da Antártica possui a capacidade de inibir as trocas de calor, massa e momento entre o oceano e a atmosfera e de reduzir a quantidade de radiação solar absorvida devido ao seu elevado albedo. Segundo Wallace e Hobbs (2006), o albedo oceânico e a formação do "brine" (rejeição salina proveniente do congelamento do gelo) são afetados diretamente pela variação sazonal do gelo marinho. Durante os últimos anos observou-se que o gelo marinho antártico tem demonstrado um leve aumento em sua tendência de extensão (PARKINSON, 2004; IPCC, 2014; PARISE et al., 2015). Eventos extremos de expansão do gelo marinho antártico estão ligados à ocorrência de bloqueios atmosféricos em toda a América do Sul que, dependendo do seu tempo de atuação, podem modular a frequência e intensidade de eventos extremos de seca e chuva na América do Sul, causando vários prejuízos ao sistema agrícola (CARPENEDO, 2013).

A Antártica tem um papel fundamental para a interação entre a massa de ar polar e a massa de ar subtropical, formando a chamada Frente Polar (BARRY; CHORLEY, 2009). Nesta região se formam os ciclones extratropicais, sistemas de baixa pressão com núcleo frio (BJERKNES, 1919), que possuem a capacidade de atuar em latitudes médias, afetando as condições de tempo no continente Sul Americano quando associados a frentes frias, causando precipitação com ventos fortes e quedas de temperatura do ar (AQUINO e SETZER, 2005).

De acordo com Menezes (2009), o regime de chuvas no Maranhão sofre grande influência do fator climático latitude, caracterizando o estado como zona de transição climática, que está sobre efeitos de sistemas meteorológicos como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) e as Frentes Frias (FF). O estado está localizado na América do Sul, conseqüentemente deve sofrer impactos no seu regime de chuvas e secas causados, por exemplo, pelos bloqueios atmos-



féricos provenientes de extremos no Gelo Marinho Antártico (GMA). O Maranhão é o maior produtor de arroz da região nordeste, com 60% da produção regional, e um dos maiores produtores do Brasil, responsável atualmente por 15% e 16% da produção de milho e mandioca, respectivamente (IBGE, 2005). Uma mudança significativa no regime de chuvas no estado provavelmente ocasiona grandes prejuízos ao setor agrícola.

Embora os impactos do atual aumento do gelo marinho Antártico no clima global sejam mais conhecidos que localmente, a regionalização de cenários climáticos especialmente nas regiões de maior sensibilidade às mudanças climáticas (como a Amazônia e o Cerrado) é imprescindível para a tomada de decisões. Sendo assim, o objetivo central deste estudo foi analisar a resposta do campo de precipitação no estado do Maranhão a condições extremas de GMA para um cenário futuro de curto termo (2020 a 2024).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O estado do Maranhão situa-se no setor norte da região nordeste, entre as latitudes de 01°01'S a 10°21'S e longitudes de 48°40'W a 41°48'W (Figura 1), abrangendo uma área de 329.555,8 km² e limitando-se a norte com o Oceano Atlântico Equatorial Ocidental, a leste com o estado do Piauí, a sul e sudoeste com o estado de Tocantins e a noroeste com o estado do Pará (RIOS, 2005). A região Antártica (Figura 1) corresponde a ilhas, oceanos e mares, além do continente localizado ao sul do paralelo de 60°S (FORD, 2018). A Antártica possui uma área de cerca de 14 milhões de km², sendo assim, o quinto maior continente do planeta.

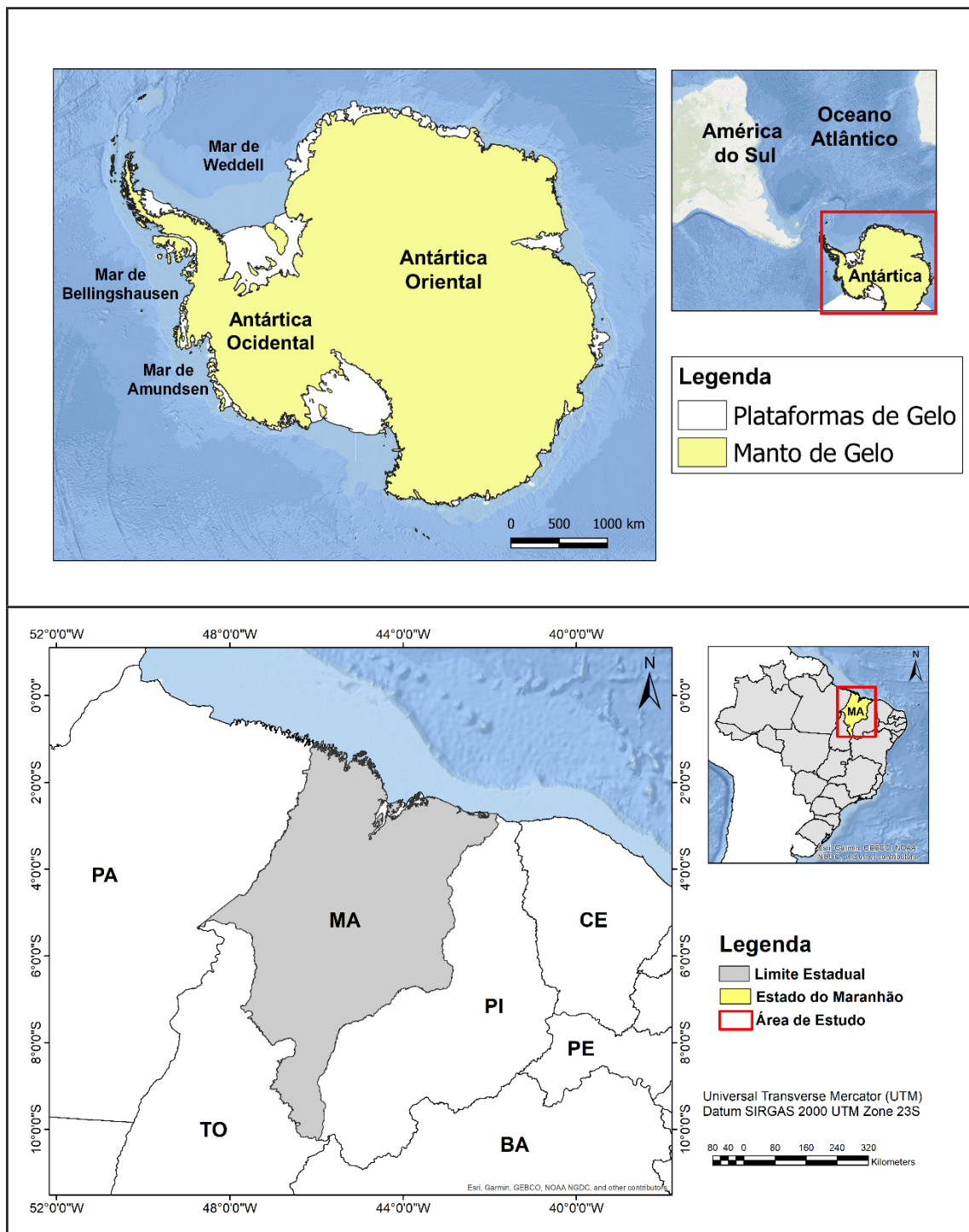


Figura 1 - Localização da Antártica, Oceano Austral e do estado do Maranhão.

2.2 Simulações Climáticas e Análises

O modelo utilizado neste trabalho foi o *Coupled Climate Model*, versão 2.1 (CM2.1), desenvolvido no Laboratório de Dinâmica de Fluidos Geofísicos (GFDL) da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOOA). Este modelo foi utilizado para realizar um conjunto de experimentos sobre mudanças climáticas para compor o quarto relatório (publicado em 2007) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). O modelo CM2.1 é composto por quatro componentes

(atmosfera, continente/terrestre, oceano e gelo marinho) as quais interagem entre si por meio do Sistema de Modelagem Flexível (Flexible Modeling System - FMS) (Delworth et al. 2006). A componente oceânica (MOM4) e a de gelo marinho (SIS) possuem resolução de 1° em latitude e longitude (Parise *et al.* 2015). No presente estudo foram utilizadas duas bases de dados simulados por Parise (2014), a primeira representando condições climatológicas no campo de GMA (*layerctl*) e a segunda representando extremos positivos no campo de GMA (*layermax*), ambos foram integrados para um período de 10 anos (2020-2030) em um conjunto de 30 membros cada. As condições iniciais para o *layerctl* foram oriundas das simulações de *restarts* de todos os Agosto-Setembro-Outubro de cada ano, enquanto que as condições iniciais para o *layermax* foram obtidas de um campo máximo calculado a partir da série histórica (concentração e espessura de gelo marinho) fornecida pelo *Met Office Hadley Center*. Maiores detalhes sobre o modelo e os experimentos de sensibilidade podem ser encontrados em PARISE (2014).

Para avaliar a capacidade do modelo CM2.1 em simular a variabilidade espaço-temporal da precipitação, a simulação controle (*layerctl*) foi primeiramente comparada aos dados de reanálise do ERA-Interim no domínio espacial do Maranhão (coordenadas: de 11°S a 1°S e de 49°W a 41°W). Após, foram analisados os impactos sobre a precipitação no estado decorrentes da perturbação no campo de GMA na escala trimestral (janela móvel de um mês, ie., DJF, JFM, FMA, MAM, ..., NDJ) a curto termo (2020 a 2024).

3. RESULTADOS

De modo a verificar a habilidade do modelo climático acoplado GFDL/CM2.1 em simular o regime de precipitação para o estado do Maranhão, uma simulação controle integrada por um período de 4 anos (2020 a 2024) foi comparada à reanálise Era Interim. Os resultados serão mostrados por meio das diferenças encontradas entre as climatologias trimestrais do modelo e da reanálise (*layerctl - era interim*)(Figura 4) e as diferenças entre as simulações máximas e controle (*layermax - layerctl*)(Figura 6).

A necessidade das análises de diferenças entre experimentos simulados e dados observacionais, faz-se jus a análise de diferenças entre experimentos, haja vista, é através da simulação máxima (*layermax*) menos a simulação controle (*layerctl*) que podemos observar o comportamento da precipitação com o incremento do gelo marinho. Para o período analisado, as simulações controles do modelo CM2.1 mostrou uma maior habilidade em simular o campo de precipitação da regiões sul e central do estado do Maranhão nos trimestres FMA, AMJ, JAS, ASO, tendo o trimestre ASO o melhor simulado como pode ser observado na (Figura 6). Podemos observar na (Figura 4) nas diferenças (*layerctl-era interim*) os trimestres FMA, AMJ, JAS e ASO foram os trimestres em que o modelo simulou melhor a precipitação para o estado do Maranhão, principalmente na região centro sul do estado.



Com base nas análises dos campos climatológicos trimestrais das simulações foi possível observar que a precipitação pluviométrica no Maranhão apresenta sensibilidade às perturbações aplicadas ao campo de GMA. No cenário de aumento do GMA, a maior sensibilidade do clima do MA ocorreu no trimestre de NDJ, zonalmente distribuída sobre as regiões sul e central do estado.

A região leste do estado apresentou um padrão de resposta bastante homogêneo longitudinalmente, mostrando um aumento das chuvas nos trimestres de JFM, MAM, MJJ, OND e NDJ e uma diminuição das chuvas nos trimestres de AMJ e ASO. Climatologicamente, a região leste apresenta um clima semiárido com precipitação pluviométrica abaixo da normal climatológica (SILVA, *et al.*, 2017).

A região oeste não mostrou ser tão sensível aos extremos de GMA em comparação às outras regiões do estado, visto que os valores estão muito próximos à climatologia dessa região, com o período chuvoso ocorrendo nos trimestres de SON, OND e NDJ e o de estiagem nos trimestres de AMJ, JAS, ASO. Climatologicamente, o máximo de precipitação na região oeste é observado nos trimestres JFM, FMA, MAM e AMJ, sendo o trimestre NDJ o início do período chuvoso. De acordo com Nascimento (2017), a região oeste possui uma média total anual de precipitação em torno de 1400 mm, sendo os meses de janeiro a abril os mais chuvosos.

Para o sul do Maranhão, os maiores impactos sobre a precipitação ocorreram nos trimestres de JFM, MAM, MJJ, OND e NDJ, com máximos pluviométricos acima de 1000 mm por trimestre. As FF são os principais distúrbios transientes atuantes na baixa troposfera no sul do Maranhão, especialmente no trimestre de NDF (CAVALCANTE, 2002). Silva (2018) observou que nesses meses o jato subtropical se fortalece em condições de extremos positivos de GMA havendo, consequentemente, uma maior atuação das FF. Esse aumento das chuvas no sul do estado é corroborado no presente estudo. Também, o fortalecimento do VCAN no verão austral em resposta ao aumento do GMA pode ser a causa para o pico de chuva no trimestre de JFM na região sul. Os trimestres de MJJ, OND e NDJ com os maiores picos de chuva nessa região para o cenário climático analisado coincidem com aqueles encontrados por NASCIMENTO *et al* (2015), influenciados pela atuação das ZCAS e FF.

Por fim, na região norte os maiores impactos foram observados nos trimestres de JFM, FMA, MAM, AMJ, que climatologicamente compõem o período chuvoso com valores totais de precipitação que ultrapassam os 2200 mm, foram observados valores totais inferiores a 700 mm. Essa variação pode estar relacionada aos padrões de teleconexão associados à instabilidade barotrópica de latitudes extratropicais (CARPENEDO, 2013). Carpenedo e Ambrizzi (2016) mostraram que durante extremos positivos de GMA no setor do Mar de Weddell há uma diminuição da temperatura da superfície do mar (TSM) neste setor e no Atlântico Sul, o que resulta em uma redução da temperatura do ar próximo à superfície.

Análises da influência de extremos positivos no GMA por estudos pretéritos



(PARISE et al., 2015; CARPENEDO, 2017) mostram que os mesmos geram um fortalecimento do ramo ascendente da célula de Ferrel na Antártica (em torno de 60°S), causando um fortalecimento na circulação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Esses distúrbios oscilatórios passam então a influenciar o comportamento do VCAN, trazendo consequências para o regime de precipitação na América do Sul. O Maranhão depende da agroclimatologia para análise e definição da estação de cultivo e colheita que subsidiam a produção e consequentemente a balança comercial do estado, a qual depende diretamente da produção agrícola. Menezes (2009), ao analisar a agroclimatologia e suas relações com o rendimento agrícola no Maranhão, observou que atualmente a soja é cultivada em alguns municípios do leste maranhense, uma das regiões mais sensíveis à perturbação aplicada neste estudo sobre as altas latitudes austrais.



Layerctl

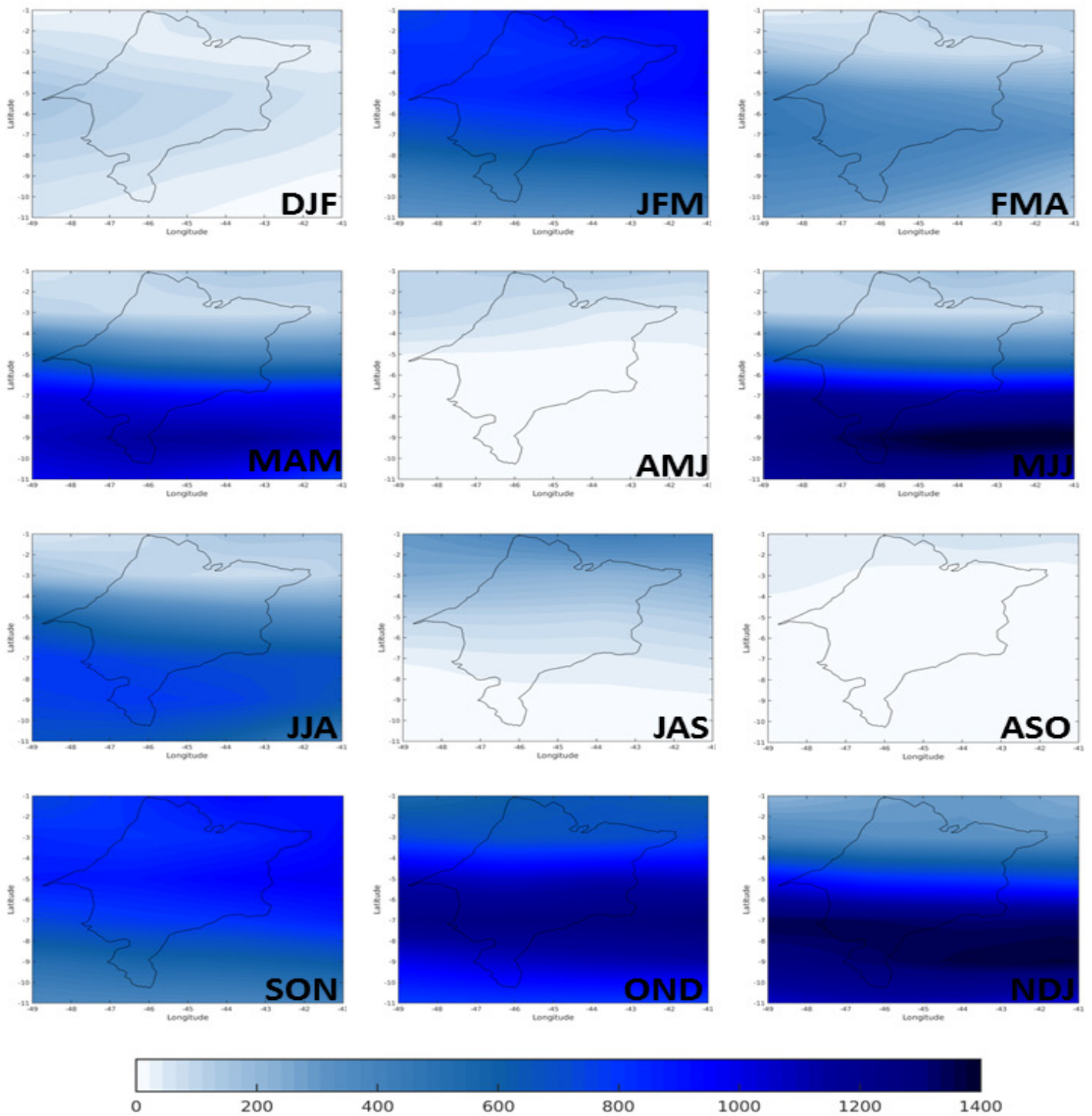


Figura 2- Climatologia trimestral total da precipitação do estado do Maranhão em condição de GMA *layerctl* (2020 a 2024)

Era Interim

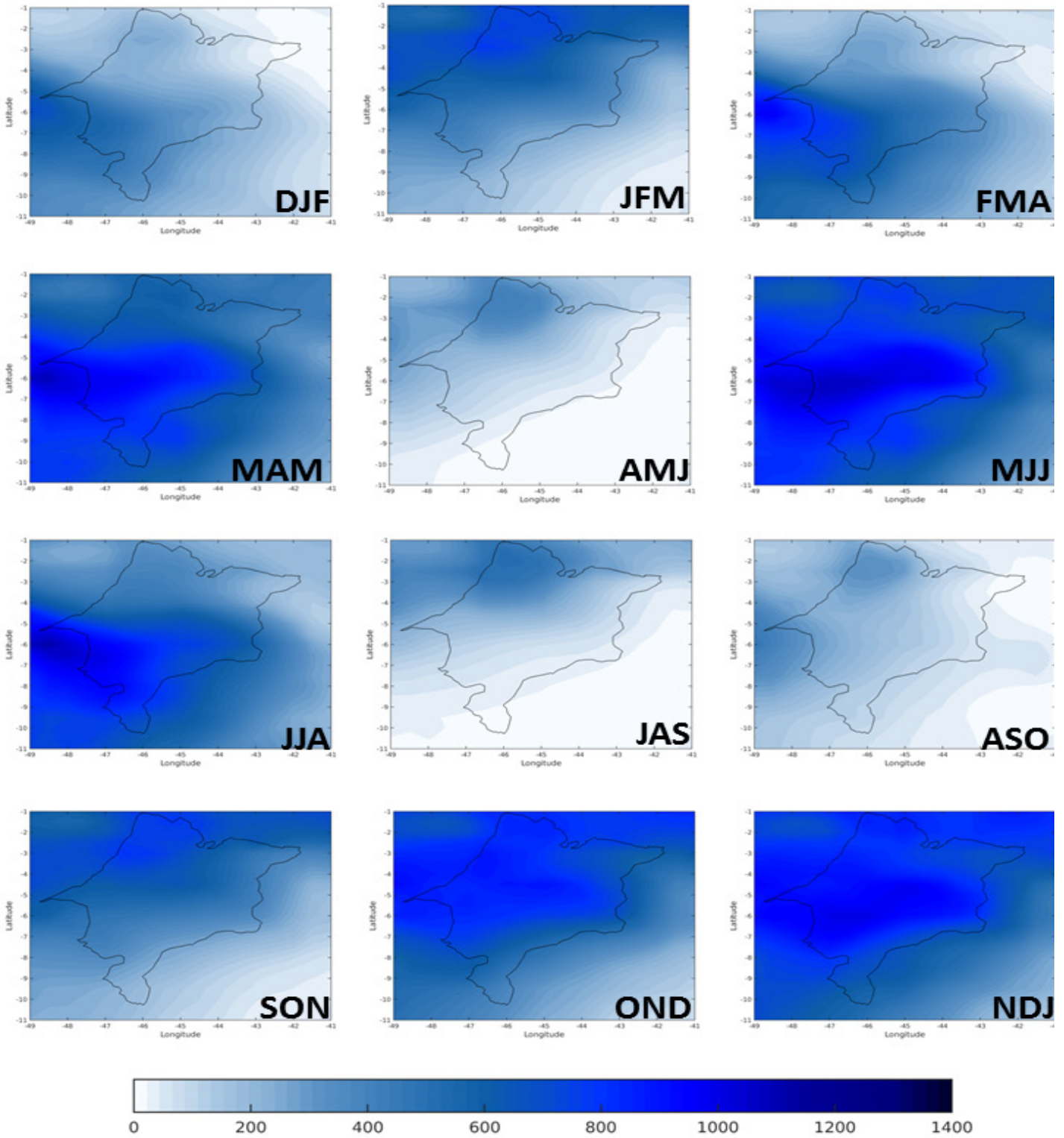


Figura 3- Climatologia trimestral total da precipitação do *Era Interim* (2014-2018) para o estado do Maranhão

(Layerctl – Era Interim)

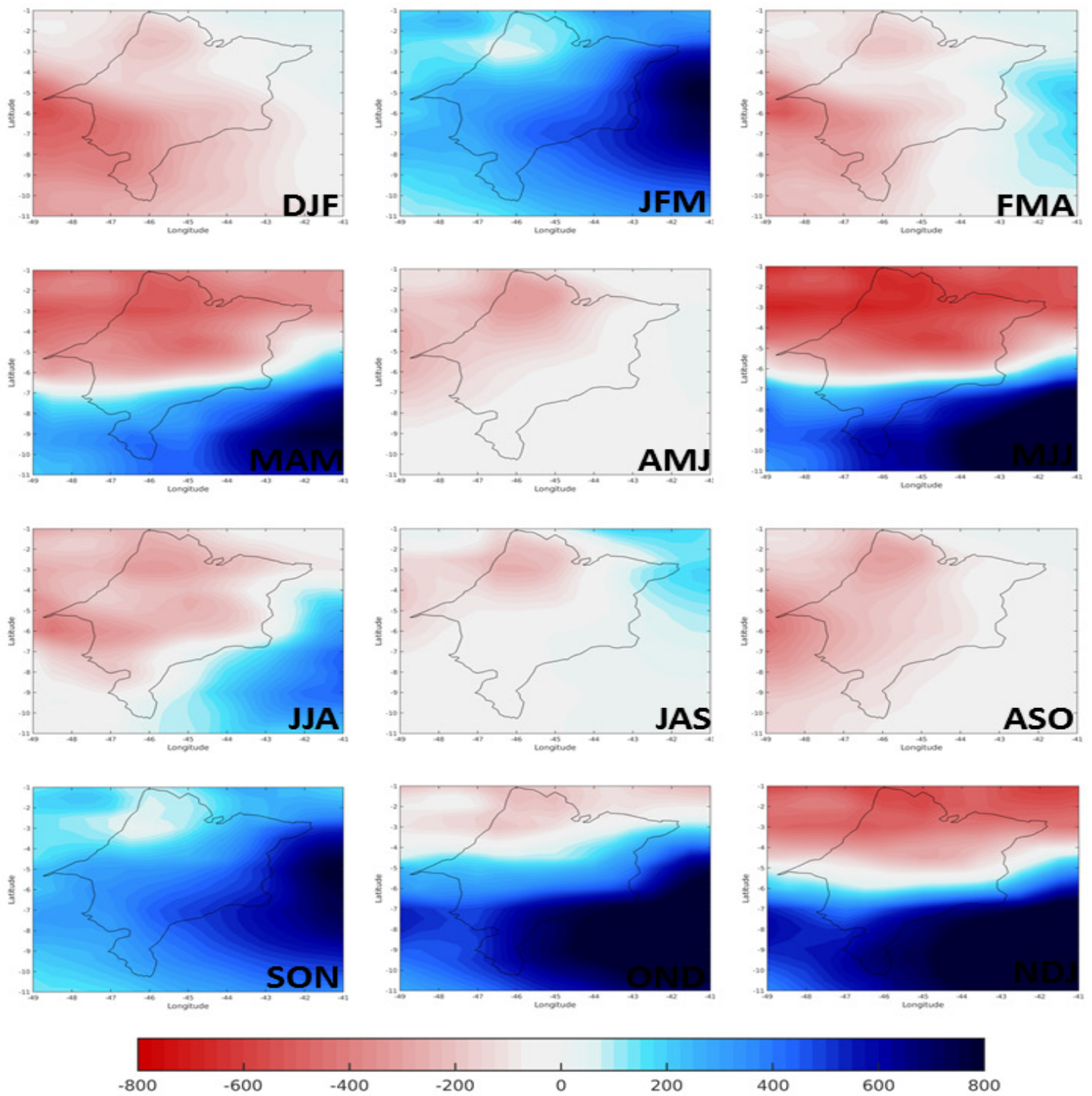


Figura 4- Diferenças de precipitação para o estado do Maranhão entre o experimento *Layerctl* (2020-2024) e *Era Interim* (2020-2024)

Layermax

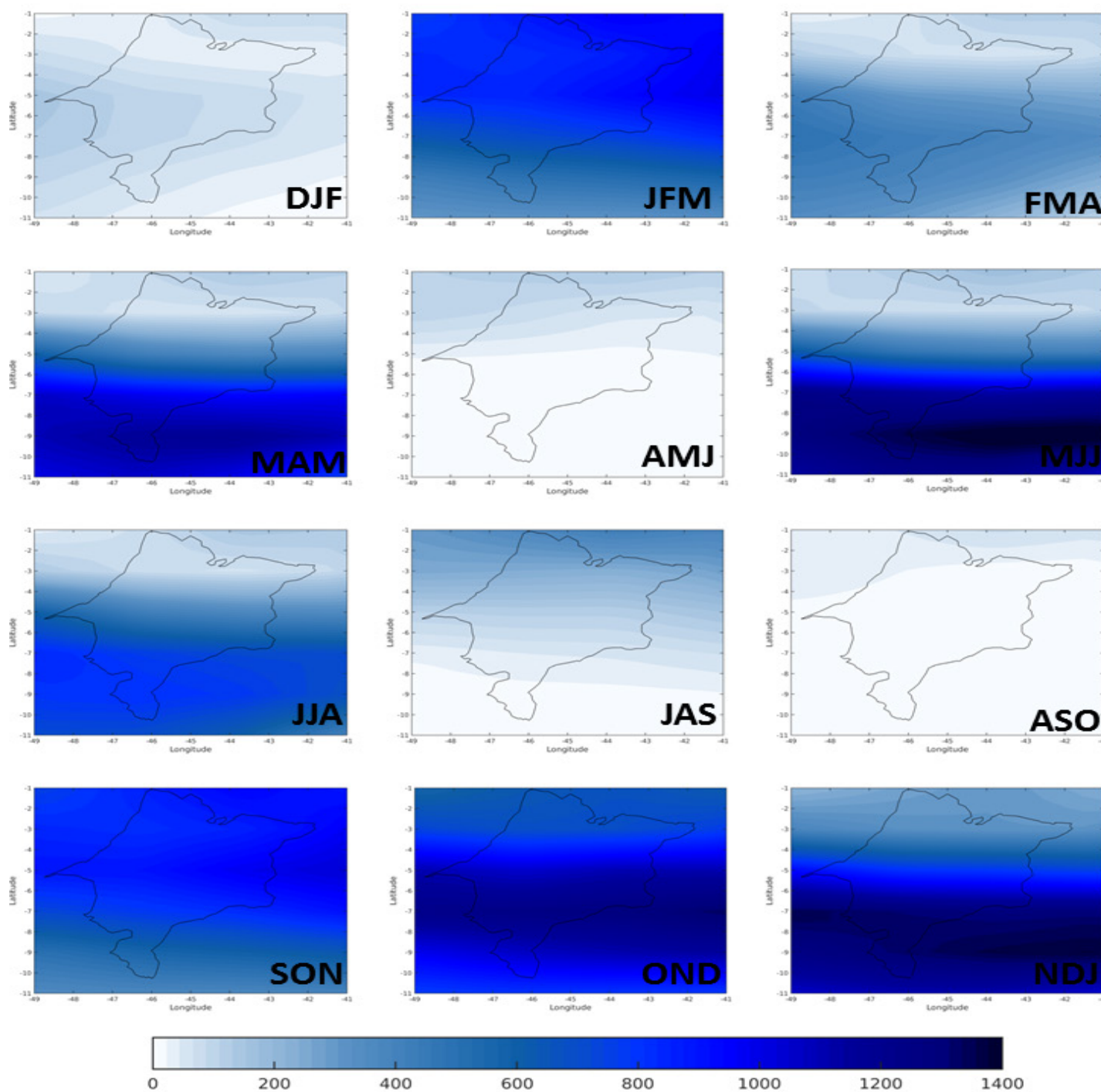


Figura 5- Climatologia trimestral total da precipitação do estado do Maranhão em condição de GMA *Layermax* (2020-2024) para o estado do Maranhão.

(Layermax – Layerctl)

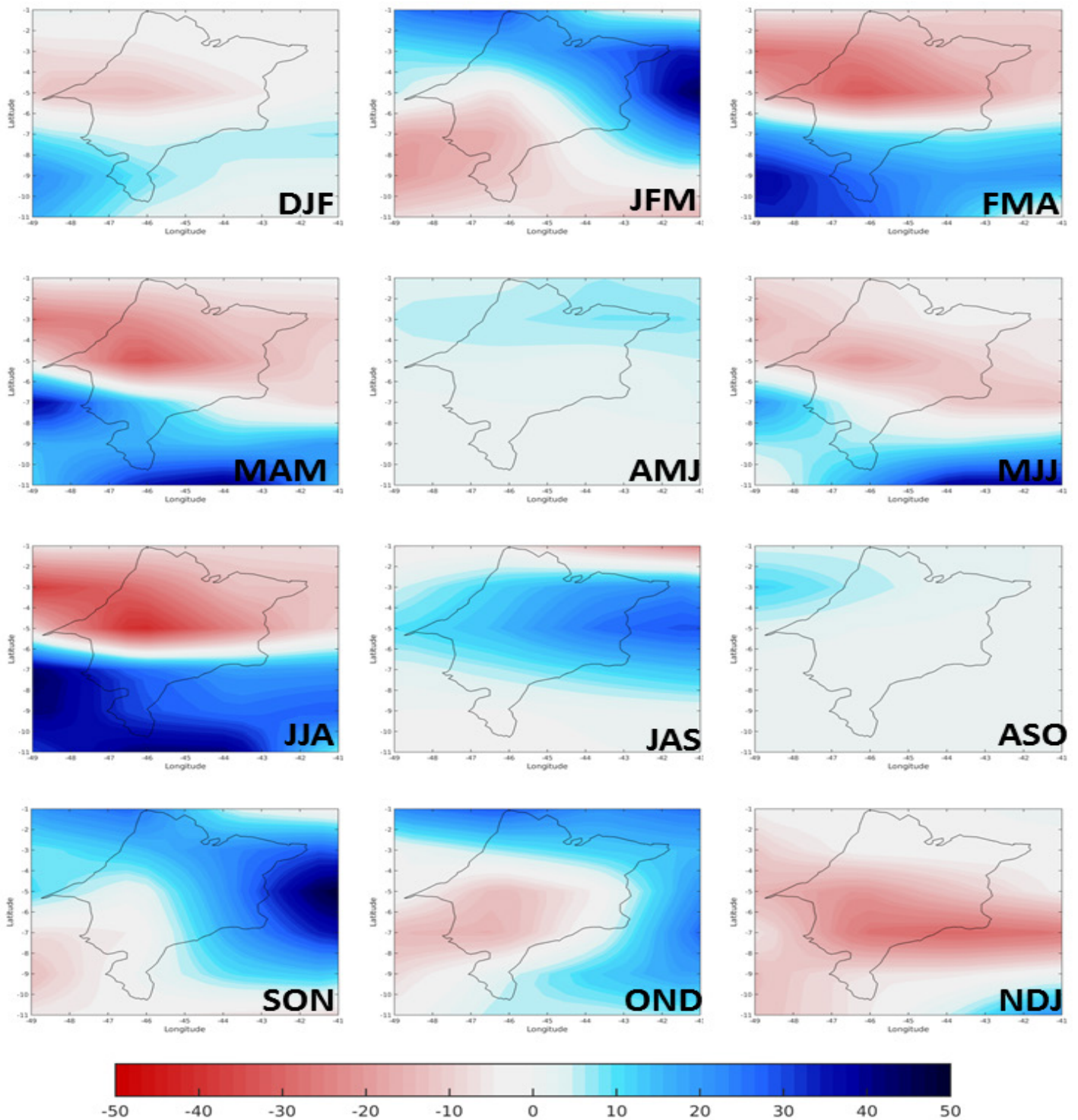


Figura 6- Diferenças de precipitação para o estado do Maranhão entre o experimento *Layerctl* (2020-2024) e *Layermax* (2020-2024)

4. CONCLUSÃO

O objetivo central deste trabalho foi analisar a resposta do campo de precipitação no estado do Maranhão a uma perturbação extrema (máximo positivo) aplicada ao campo de GMA em curto prazo (2020 a 2024). Através dos resultados encontrados podemos concluir que regime de precipitação do Maranhão é sensível às mudanças no GMA, onde os trimestres FMA, AMJ, JAS e ASO foram os trimestres melhores simulados tanto pelas diferenças entre (*layerctl-era interim*) quanto pela diferença (*layerctl - layermax*), nas regiões sul e central. Essas regiões mostraram ser sensíveis a uma perturbação extrema (máximo positivo) aplicada ao campo de GMA, onde se observou um aumento da precipitação no seu período chuvoso para essas regiões.

A região sul possui um papel importantíssimo para a cadeia produtiva do estado do Maranhão, principalmente na produção de soja, impactos no regime de precipitação dessa região devido perturbação extrema (máximo positivo) aplicada ao campo de GMA, podem ocasionar diversos prejuízos na produção dessa região, e conseqüentemente na economia do estado do Maranhão.

Assim, estudar e entender os impactos de teleconexões no clima do Maranhão, sob condições de extremas, é fundamental para a construção de cenários climáticos futuros que visem subsidiar a construção de políticas para a minimização dos decorrentes impactos ambientais.

Referências

- AQUINO, F. E. e SETZER, A. O clima na Amazônia Azul. In: SIMÕES, Carlos F.; CHAVES, Paulo de Tarso (ed.) Geografia: ensino fundamental e médio: O mar no espaço geográfico brasileiro. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, p. 226-230. (**Coleção Explorando o Ensino, v. 8**). 2005.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. Atmosfera, tempo e clima. **Bookman Editora**, 2009.
- BASTOS, C. C.; FERREIRA, N. J. **Análise climatológica da alta subtropical do Atlântico Sul**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 2000, Rio de Janeiro. Anais... 2000. p. 612-619. CD-ROM, Papel. (INPE-12473-PRE/7775). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1915/2005/03.15.19.20>>. Acesso em: 31 jan. 2008.
- BJERKNES, J. On the structure of moving cyclones. **Geofysiske Publikasjoner**, v. 1, n. 2, p. 1-8, 1919.
- CARPENEDO, C. B. **Bloqueios atmosféricos associados à variabilidade extrema do gelo marinho antártico e impactos na América do Sul**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – IAG/USP. São Paulo, 2017.
- Carpenedo, C., Ambrizzi, T., & Aímola, L. (2013). Possíveis relações entre a variabilidade interanual do gelo marinho antártico e a precipitação na América do Sul. *Ciência e Natura*, 87-89.
- CARPENEDO, Camila Bertoletti; AMBRIZZI, Tércio. Células de Circulação Meridional Durante os Eventos Extremos de Gelo Marinho Antártico. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 3, p. 251-261, 2016.
- CAVALCANTI, E. P.; GANDU, A. W.; AZEVEDO, P. V. Transporte e balanço de vapor d'água atmosférico sobre



o Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 2, p. 207-217, 2002.

CAVALIERI, D. J.; PARKINSON, C. L. Antarctic sea ice variability and trends, 1979– 2006, **Geophysical Research Letters**, 113, C07004, doi:10.1029/2007JC004564. 2008.

CHAVES, R. R.; NOBRE, P. Interactions between sea surface temperature over the South Atlantic Ocean and the South Atlantic Convergence Zone. **Geophysical. Research Letters**, 31:L03204, 2004.

COSTA, Adriana de Souza. **Modulação Regional das Chuvas no Estado Do Maranhão**. 2016. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia de Meso e Grande Escala, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016. Cap. 5.

Delworth, T., Broccoli, A., Rosati, A., Stouffer, R., Balaji, V., Beesley, J., Cooke, W., Dixon, K., Dunne, J., Dunne, K., Durachta, J., Findell, K., Ginoux, P., Gnanadesikan, A., Gordon, C., Griffies, S., Gudegel, R., Harrison, M., Held, I., Hemler, R., Horowitz, L., Klein, S., Knutson, T., Kushner, P., Langenhorst, A., Lee, H.-C., Lin, S., Lu, L., Malyshev, S., Milly, P., Ramaswamy, V., Russel, J., Schwarzkopf, M., Shevliakova, E., Sirutis, J., Spelman, M., Stern, W., Winton, M., Wittenberg, A., Wyman, B., Zeng, F., and Zhang, R.: GFDL's CM2 global coupled climate models. Part I: Formulation and simulation characteristics, **J. Climate**, 19, 643–674, 2006.

FORD, A.B. Antarctica. Encyclopaedia Britannica. **Encyclopaedia Britannica**, inc. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. 2005. Acessado em 01 de setembro de 2020.

IPCC, 2014: climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I. II and III to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental panel on Climate Change. **IPCC, Geneva, Switzerland**, v. 151, 2014.

MENEZES, R. H. N. D. **Caracterização Agroclimática e Análise do Rendimento Agrícola do Estado do Maranhão, Brasil**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Paraíba, 188 p. 2009.

NASCIMENTO, F. C. A.; ARAUJO, F. R. C. D.; BRAGA, C. C.; COSTA, E. V. S. Análise dos padrões espaciais e temporais da precipitação no estado do Maranhão - Brasil. **REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA**, v. 8, p. 422-430, 2015.

NASCIMENTO, F. D. C. A. D.; BRAGA, C. C.; ARAÚJO, F. R. D. C. D. Análise Estatística dos Eventos Secos e Chuvosos de Precipitação do Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 3, p. 375-386, 2017.

P. Nobre.; M. Malagutti.; Chaves, R. R.; Sanches, M. B. .Modulações da Zcas pelas temperaturas da superfície do mar no atlântico sudoeste **In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**,12, 2002, Foz de Iguaçu-PR.

Parise, C. K., 2014: **Sensitivity and memory of the current mean climate to increased Antarctic sea ice: The role of sea ice dynamics**. Ph.D. thesis, National Institute for Space Research(INPE), 218 pp.

PARISE, Claudia K. et al. The Influence of Sea Ice Dynamics on the Climate Sensitivity and Memory to Increased Antarctic Sea Ice. **Journal of Climate**, v. 28, n. 24, p. 9642-9668, 2015.

PARISE, CLAUDIA K.; PEZZI, LUCIANO P. ; HODGES, KEVIN I. ; JUSTINO, FLAVIO . The Influence of Sea Ice Dynamics on the Climate Sensitivity and Memory to Increased Antarctic Sea Ice. **Journal of Climate** ^{JCR}, v. 28, p. 150921125611001, 2015.

PARKINSON, Claire L. Southern Ocean sea ice and its wider linkages: insights revealed from models and observations. **Antarctic Science**, v. 16, n. 4, p. 387-400, 2004.

RIOS, L. Geografia do Maranhão. 4 ed. Ver. atual. São Luís: **Central dos Livros**, 2005.

SILVA, M. N. D.; TEREZA, A.; BEZERRA, D. D. S.; PEREIRA, L.; ELOI, C. M. D. A.; SANTOS, A. L. S. D. A seca no Maranhão no período de 2010 a 2016 e seus impactos. **Parcerias estratégicas**, v. 22, p. 119-138. 2017.

SILVA, R. C.. **Eventos extremos de gelo marinho no mar de Weddell e sua relação com o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul**. Uberlândia: UFU, 2018 (Monografia).



WALLACE, John M.; HOBBS, Peter V. Atmospheric science: an introductory survey. **Elsevier**, 2006.



AUTORES¹

¹ Currículo vide Lattes / Linkendin

Acássio Nadson Gomes Freitas

Possui formação Técnica em Agropecuária (2015) e Segurança do Trabalho (2017). Atualmente é graduando em Engenharia Agrônoma (UNEB) e bolsistas de IC 2019-2020 (FAPESB).

Aderlaine Carla de Jesus Costa

Possui curso técnico/profissionalizante em Técnico em Segurança para o Trabalho pela Escola Janaubense de Ensino Fundamental e Médio (2011), curso técnico/profissionalizante em Técnico em Fruticultura pela Escola Janaubense De Ensino Fundamental e Médio (2017) e ensino medio pela Escola Estadual Jose do Gorutuba (2008). Atualmente é graduanda em Agronomia pela Universidade Estadual de Montes Claros e Iniciação Científica Voluntária da Universidade Estadual de Montes Claros.

Adilson Matheus Borges Machado

Oceanógrafo graduado pela Universidade Federal do Maranhão onde foi aluno de iniciação científica do Laboratório de Biogeociclos dos Constituintes Químicos da Água (LABCICLOS) trabalhando com análises químicas, análises sedimentológicas e nutrientes inorgânicos dissolvidos. Mestre em Oceanografia pelo Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (PPGOceano) da Universidade Federal do Maranhão na Linha de Pesquisa Dinâmica de Sistemas Costeiros e Oceânicos com ênfase em Oceanografia Física atuando com o modelo numérico Regional Ocean Modeling System (ROMS). Trabalhou no LaClima (Laboratório de Estudos e Modelagem Climática) da Universidade Federal do Maranhão como estudante de Mestrado. Tem experiência na área da Oceanografia operacional, nos processos de coleta em campo, registro, tratamento e análise de dados em Oceanografia Química e Sedimentologia. Tem experiência na área de Meteorologia e Oceanografia, com ênfase em processos de Interação Oceano-Atmosfera e processos oceânicos de mesoescala, atuando com diversas bases de dados de reanálise, dados observacionais e dados coletados in situ. Possui experiência em Geoprocessamento, atuando com análises espaciais de uso e cobertura da terra e Sistemas de Informação Geográfica.

Admo Ramos Silva Júnior

Graduação em andamento em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual do Maranhão, UEMA, Brasil. Integrante do Grupo de Estudos em Economia Rural (GEER).



Adriane Ramos Zimmer

Graduação em Biologia pela Universidade Luterana do Brasil (2005) e mestrado em Biologia Animal pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2007). Doutorado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2014). Desenvolveu trabalhos na área de biodeterioração de combustíveis (diesel, biodiesel e misturas) e controle de contaminação microbiana em ambientes industriais. Junto ao Laboratório de biodeterioração de combustíveis (LABBIO) da UFRGS atuou no planejamento e execução de projetos de consultoria para empresas nas áreas química e petroquímica, com ênfase no desenvolvimento de estratégias para proteção de combustíveis armazenados com a utilização de biocidas. Foi membro do Conselho Fiscal da ONG IGRE - Associação Sócio Ambientalista que desenvolve atividades na área de educação ambiental e membro suplente representante da mesma no Conselho Municipal de Meio Ambiente (COMAM). Recentemente atuou na preparação e organização das aulas práticas no laboratório de microbiologia/imunologia na PUCRS. Atualmente desenvolve e produz material didático para disciplinas na modalidade de ensino EAD para cursos de biologia e atua no assessoramento e apoio didático a professores.

Alberto do Nascimento Silva

Engenheiro Agrônomo pela Universidade do Estado da Bahia (Campus IX - Barreiras). Mestre em Agronomia (solos, água e qualidade ambiental) pela Universidade de Brasília e Doutorando em agronomia também pela Universidade de Brasília em parceria com a Embrapa Cerrados. Desenvolve tese de doutorado na área de "Efeito do estresse hídrico na fisiologia, morfologia e desempenho agrônomo nas culturas do feijão, milho, trigo, triticale, canola, amaranto, quinoa e trigo sarraceno". Atualmente é Professor da Universidade do Estado da Bahia, onde ministra as disciplinas de Elaboração de projetos de pesquisa e extensão, Botânica Agrícola, Manejo e conservação do solo e água, Avaliação e Perícia em Agronomia, Gestão Ambiental, Gestão e Marketing do Sistema Agroindustrial e Gestão Empresarial e de Pessoas. Também ministra as disciplinas de Tecnologia de produção de sementes, Química básica e Microbiologia na Faculdade Regional da Bahia (UNIRB).

Alécio Maróstica

Engenheiro Agrônomo, Presidente do Sindicato Rural de Cristalina-GO.

André Ivo de Oliveira Souza

Graduação em andamento em Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil.



Andressa Missele Palsikowski

Graduação em andamento em Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil.

Arthur Carniato Sanches

Professor Doutor da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados/MS. Foi professor substituto da Universidade Federal da Fronteira Sul, lecionando as disciplinas de Irrigação e Drenagem, Máquinas e Mecanização Agrícola, Campus Chapecó-SC. Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (2009), onde desempenhou atividades extracurriculares com soja e milho, e extensão rural. Atuou como Assistente Técnico de Mercado pela Bayer CropScience na safra 2010/2011 em Campo Novo do Parecis-MT. Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Grande Dourados, área Engenharia de Água e Solos, onde atuou com Manejo e Conservação da Água e Solo, Culturas Irrigadas e Sistemas Pressurizados de Irrigação. Doutor pelo programa de Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" -ESALQ/USP com ênfase em estudos de evapotranspiração e coeficiente de culturas em pastagens irrigadas. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Extensão Rural, manejo de culturas irrigadas, hidráulica, Irrigação e Drenagem.

Atila Vinícius Oliveira Rocha

Graduando em Oceanografia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Atua na área de Interação Oceano-Atmosfera-Criosfera, Gelo Marinho, Climatologia Antártica, Circulação Oceânica e Atmosférica Global e Regional, Climatologia Dinâmica de Altas, Médias e Baixas Latitudes e tem experiência no tratamento de Dados de Longas Séries Temporais e Técnica de Avaliação de Modelos Globais.

Bruno Vicente Marques

Possui graduação em Tecnologia de Gestão Ambiental pelo Centro Universitário Padre Anchieta de Jundiá-SP, mestrado em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba e atualmente é aluno de doutorado em Ciências Ambientais pela mesma Universidade. Foi Secretário de Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos do município de Cristalina - GO e atualmente é Secretário Executivo da IRRIGO - Associação dos Irrigantes do Estado de Goiás. É membro titular do Comitê Federal de Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, membro titular do Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Corumbá, Veríssimo e porção goiana do São Marcos no Estado de Goiás e membro titular do Conselho de Recursos Hídricos do Estado de Goiás. Atua em pesquisas relacionadas com estudos do uso e ocupação das terras em bacias hidrográficas e também em pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de um modelo de gestão focado principalmente em empresas, cooperativas e organizações que atuam no setor agropecuário, com foco na integração das variáveis ambientais, de qualidade



e de informação em todos os níveis corporativos, através da gestão por projetos visando a qualidade, conhecimento, informação, conservação dos recursos naturais, recursos humanos, economia, cumprimento às legislações e normas nacionais e internacionais.

Carmino Hayashi

Possui Licenciatura Plena em Ciências Biológicas (USP), Mestrado em Zootecnia (UNESP) e Doutorado (UFSCar). Também é Bacharel em Administração Pública (UFSJ) e graduado em Gestão Empresarial (FATEC). Possui Especialização em Design Instrucional para EaD (UNIFEI), Especialização em Planejamento, Implementação e Gestão da EaD (UFF), Especialização em Gestão Pública Municipal (UFSJ) e Especialização em Mídias na Educação (UFSJ). Publicou em parceria 187 artigos completos em periódicos indexados, sete capítulos de livro, 21 textos em jornais, 403 trabalhos em resumos/anais de congressos, além da organização e edição de quatro livros. Orientou 72 alunos em nível de graduação, pós-graduação e pós-doutorado, além de diversos outros estagiários. Participou em 97 bancas examinadoras de graduação e pós-graduação e em 42 bancas de processos seletivos e concursos públicos. Foi Professor Titular na Universidade Estadual de Maringá, onde exerceu cargos de Diretoria, Chefia e Conselhos; além de docente no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais. Foi pesquisador científico do CNPq (1B), entre 1991 e 2010; tendo atuado posteriormente como Professor Professor Visitante Nacional Sênior - CAPES/MEC na UFTM, Uberaba/MG, entre 2010 e 2014. Em início de carreira (1977-1988), foi professor na Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, além de ter atuado também na área de Agricultura, Abastecimento e Meio Ambiente em órgãos públicos. Atualmente é Professor Visitante Sênior na UNIFAL (PPG em Ciências Ambientais), assim como Professor Colaborador na UFSCar (PPG em Sustentabilidade na Gestão Ambiental), além de Consultor Científico em vários Institutos, Fundações e Entidades relacionadas à Ciência e Tecnologia e de diversas Revistas Científicas nacionais e internacionais. As principais linhas de pesquisas, ensino e extensão são relacionadas as áreas de Ecologia e Recursos Naturais, Meio Ambiente, Gestão e Políticas Públicas (Sustentabilidade Ambiental), além de Educação (Novas Tecnologias Educacionais/EaD).

Cleuber Sousa de Oliveira

Graduação em andamento em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil.



Cláudia Klose Parise

Oceanógrafa formada pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG), mestre em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e doutora em Meteorologia pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Atua na área da Morfodinâmica Costeira e Erosão Praial, Interação Oceano-Atmosfera-Criosfera, Gelo Marinho, Climatologia Antártica, Modelagem Climática, Circulação Oceânica e Atmosférica Global e Regional, Climatologia Dinâmica de Altas, Médias e Baixas Latitudes. Tem experiência com Topografia de Praias e Monitoramento de Marés Meteorológicas, Modelagem Numérica de Propagação de Ondas Oceânicas (Wave Model - WAM e Simulating WAVes Nearshore - SWAN), Análise de Funções Ortogonais Empíricas e Componentes Principais, Análise Espectral de Onda, Modelagem Climática Acoplada Oceano - Atmosfera - Gelo Marinho (Modelos CM2.1 e MOM5), Análise de Climatologias, Tratamento de Dados de Longas Séries Temporais e Técnica de Identificação e Rastreamento de Ciclones Extratropicais (TRACK). Atualmente é Professora Adjunta A nível 1 junto ao Departamento de Oceanografia e Limnologia (DEOLI) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) onde atua como Coordenadora do Laboratório de Estudos e Modelagem Climática (LACLIMA), Docente Permanente no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (PPGOceano). A pesquisadora também é Docente Colaboradora no Curso de Pós-Graduação em Meteorologia do INPE (PGMET).

Claudeone Manoel do Nascimento

Graduando em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA. Foi Bolsista de Iniciação Científica no Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta (LASAP-UFERSA). Foi Membro da Empresa Júnior do Curso de Agronomia (AGROARID, 2017-2019). Técnico em Agroecologia pelo Instituto Federal de Educação, ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN, 2012-2015).

Claudio Henrique Kray

Graduado em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1998), mestrado em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2001) e doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2005). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Viamão. Coordena o curso de Técnico em Cooperativismo e atua nos cursos de Técnico em Cooperativismo, Meio Ambiente e Tecnólogo em Gestão Ambiental. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Meio Ambiente, em Qualidade do Ar, das Águas e do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: reciclagem de resíduos orgânicos, lodo de esgoto, composto de lixo, solos agrícolas, resíduos industriais e recuperação de áreas degradadas.



Clênya Carla Leandro de Oliveira

Graduação em andamento em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual do Maranhão, UEMA, Brasil.

Cristiane Alves Fogaça

Possui graduação em Agronomia pela UNIOESTE (2000) e Mestrado em Agronomia (Produção e Tecnologia de Sementes) pela UNESP/FCAV (2003). Doutora em Ciências Ambientais e Florestais, pela UFRRJ. Atualmente, professora do curso de Agronomia da UNIMONTES, Janaúba, MG. Experiência na área de Ciências Agrárias, com ênfase em Produção e Tecnologia de Sementes, Viveiros Florestais, Silvicultura, Solos e Meio Ambiente.

Cristiane Nair Fabrício Nunes

Possui graduação em Bacharel em Química pela Universidade Federal do Paraná (2009). Pós Graduação Latu Sensu em Docência da Química pela AVM- Faculdade Integrada - Brasília (2013). Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal da Bahia (2015), com ênfase em Catalise Heterogênea- Química Inorgânica. Profissionalmente, foi professora substituta da Universidade Estadual do Maranhão no Campus Centro de Estudos Superior de Balsas (CESBA), ministrando as disciplinas de Química Analítica e Bioquímica (2009-2010). Também foi professora Substituta na Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB) entre os anos 2013-2015, ministrando as disciplinas de Fundamentos de Química Geral e Orgânica, Química Geral II e História da Química. Atualmente é professora substituta na Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Campus IX, Barreiras-BA, no curso de Engenharia Agrônômica, ministrando as disciplinas de Química Analítica, Bioquímica, Química Geral e Fundamentos de Química Geral e Orgânica. Na pesquisa, desenvolve projetos na determinação de Emissão de CO₂ e Carbono de Biomassa Microbiana em solos do Cerrado baiano.

Christopher de Oliveira Alves

Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio (2014) pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). Tenho experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Programação. Tenho experiência em programação em linguagem C, Java, Pascal, HTML, PHP e VisualG. Atualmente cursando Engenharia Agrícola na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Daniel Souza Barboza

Graduação em andamento em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil.



Danielle Carneiro Duarte Grassi

Graduação em Agronomia pela Universidade Luterana do Brasil e Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS - Campus Viamão) e, também possui Curso Técnico em Meio Ambiente pelo (IFRS - Campus Viamão). Atuou como bolsista de extensão em Projetos vinculados a Extensão do IFRS.

Débora Pantojo de Souza

Engenheira Agrônoma formada pela Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) - UNESP/Botucatu. Mestra em Ciências na área de concentração de Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo. Especialista em Gestão de Projetos pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo. Atualmente é Doutoranda no programa de pós-graduação de Engenharia de Sistemas Agrícolas na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo com titulação prevista para Setembro de 2020.

Denirio Itamar Lopes Marques

Doutor e Mestre em Biologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS. Especialista em Educação Ambiental e Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade da Região da Campanha - URCAMP. Graduação em Pedagogia pelo Centro Universitário Internacional - UNINTER. É professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), no Campus Viamão, atuando e desenvolvendo trabalhos em educação e percepção ambiental, formação de professores e gestão escolar. Neste Instituto exerceu as funções de coordenador do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental e do Curso Técnico em Meio Ambiente. Exerceu também, as funções de Diretor de Ensino e Diretor Geral Substituto do Campus Viamão e no IFFar - Campus São Borja, tendo exercido neste último também a função de Pró-Reitor de Ensino; Tem experiência como Coordenador de Curso de Graduação e Pós-Graduação em Ciências Biológicas e Coordenador de Área do Conhecimento em Ciências Biológicas em outras Instituições de Ensino Superior. Exerceu docência na educação básica na rede pública e privada, na área de ciências da natureza.

Edilaine Regina Pereira

Possui Graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP (1999), Mestrado em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP (2002) e Doutorado em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP (2006). Possui Pós Doutorado pela UNICAMP (2007 - 2009) e pelo período de 2007 à 2011 foi Pesquisadora Colaboradora da mesma. Atuou no quadro de Pesquisador na Empresa pelo programa RHAE / CNPq e apresenta experiência na área de Engenharia Agrícola, atuando



principalmente nos seguintes temas: tratamento e qualidade da água, saneamento ambiental, tratamento e manejo de resíduos, engenharia de água e solo, irrigação e drenagem, legislação ambiental. Atualmente compõe o quadro de professores efetivos de dedicação exclusiva do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - campus Londrina atuando na graduação. Membro como Professora colaboradora do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da mesma instituição. Conhecimento da língua inglesa. Grande experiência na execução e implantação de projetos, cursos e palestras.

Eduarda Gomes

Graduação em andamento em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Pelotas, UFPEL, Brasil.

Elaine de Souza Prado

Graduação em andamento em Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil.

Elizeu David dos Santos

Engenheiro Agrônomo pelo Centro Universitário Filadélfia - Unifil (2018). Mestrando no programa de Agricultura Conservacionista do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), na área de Genética e Melhoramento Vegetal. Realizou estágio em oleicultura na própria IES, com ênfase na produção de hortaliças, atuando desde o preparo de mudas e canteiros até a colheita. Foi bolsista do CNPq na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Soja), onde atuou no projeto intitulado "Validação funcional de genes candidatos a conferir tolerância ao encharcamento em soja", com ênfase na avaliação de genótipos de soja cultivados em campo e em locais protegidos, em que a tolerância dos genótipos estava ligada a ambientes estressantes, principalmente em ambientes com déficit hídrico; neste projeto atuou no laboratório de Ecofisiologia Vegetal (dez. 2015 à nov. 2017). Ainda na Embrapa, participou de um processo de estágio/treinamento no Núcleo Temático de Girassol, com ênfase na análise de imagem de pelos radiculares de cultivares de girassol (*Helianthus annuus*) e soja (*Glycine max*) para seleção de melhores genótipos para serem testados em locais estressantes. Tem experiência em: Ecofisiologia vegetal; planejamento, condução, e análise estatísticas de experimentos agronômicos e planejamento e condução de hortaliças a campo.



Érico Kunde Corrêa

Professor Associado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Pelotas. Professor do PPG em Ciências Ambientais do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas e do PPG em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da UFPel. Coordenador do Laboratório de Resíduos e Ecotoxicologia (CEng - UFPel). Atua como revisor de periódicos científicos nacionais e internacionais. Atua no desenvolvimento de produtos e processos para valorização de resíduos. Coordenador do Grupo de Gestão de Resíduos Sólidos.

Éville Karina Maciel Delgado Ribeiro Novaes

Bacharel e Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Maranhão (2004), possui mestrado em Biodiversidade e Conservação pela Universidade Federal do Maranhão (2007) e doutorado em Biologia Vegetal pela Universidade Federal de Pernambuco (2011). Tem experiência com Educação à Distância, tendo atuado como docente e Coordenadora de Tutoria no NEaD - UFMA. Atualmente é professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão e orientadora do Programa Residência Pedagógica no subprojeto Biologia, tendo atuado em diferentes setores da Gestão do Campus Barreirinhas. Desde 2012 atua na Comissão Permanente de Pessoal Docente e atualmente faz parte do Comitê Científico do IFMA. Tem experiência na área de Botânica e Ecologia, atuando principalmente com Percepção e Educação Ambiental, Reprodução Vegetal e ações que culminem em Conservação da Biodiversidade.

Fabírcia Araújo Silva

Graduada em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais (Bacharelado) pela Universidade Federal de Alfenas-Campus Alfenas em 2010. Interesse sobre o tema Gestão Ambiental. Graduada em Direito pela Universidade José do Rosário Vellano em 2016. Experiência de trabalho no Ministério Público do Estado de Minas Gerais (Juizado Criminal) e Secretarias Criminal e Execução Penal pelo Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais. Pós Graduada em Direito da Seguridade Social pela Faculdade Legale- São Paulo. Advogada. Atualmente cursando Mestrado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas, bem como Licenciatura em Pedagogia pela Faculdade Educamais.

Fátima Menezes Bento

Graduação e bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1991), Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente (1994) e Doutorado em Ciências dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2001). Durante o doutorado, foi bolsista da UNESCO na Universidade de Portsmouth, Inglaterra, avaliando a degradação microbiana de óleo diesel por cromatografia (GC-MS). Conclui Pós-doutorados na Universidade da Califórnia ? River-



side, atuando na área de biorremediação de hidrocarbonetos (óleo diesel) e metais (2001-2002) e na Universidade da Flórida-Gainesville, acessando a diversidade microbiana com sequenciamento de alto rendimento no período de 2013-2014. Atualmente é professor Associado IV da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, coordenador do LAB-BIO (Laboratório de Biodeterioração de Combustíveis, Biocombustíveis e Biocidas) onde presta serviços de Consultoria na área de Combustíveis (como uma Ação de Extensão na UFRGS); líder de pesquisa em Biodeterioração no Curso de Pós-graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente, onde orienta alunos de Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado. Tem experiência na área de Microbiologia do Petróleo, atuando principalmente nos seguintes temas: biocorrosão, biodeterioração, biodegradação, biorremediação de combustíveis (óleo diesel, gasolina, biodiesel; querosene e bioquerosene); produção de biossurfactantes, Biocidas, resíduos petroquímicos e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Atualmente faz parte da Rede de Estudos e Projetos sobre Armazenamento de Biodiesel da Rede Brasileira de Tecnologia de BIODIESEL e de BIOQUEROSENE financiados pela FINEP e Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

Felicia Maria Melo Aragão

Graduação em andamento em Engenharia Ambiental pela Universidade Ceuma, UNICEUMA, Brasil.

Felipe da Cunha Flores

Graduação em andamento em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA, Brasil.

Fellipe Jhordã Ladeia Janz

Engenheiro Ambiental com formação na UTFPR, campus Londrina. Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA) da UTFPR, campus Londrina. Atualmente participa do grupo de pesquisa Tratamento de água e efluente. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária e Ambiental, com ênfase em Tratamento de Águas de Abastecimento e Residuárias, atuando principalmente nos seguintes temas: coagulantes orgânicos, coagulantes inorgânicos, tratamento de água, tratamento de efluente e sistemas alagados construídos.

Fernanda Lamede Ferreira de Jesus

Possui graduação em engenharia agrícola e ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais -UFMG (2013), graduação em letras inglês pelo Instituto Superior de Educação Ibituruna (2008), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa - UFV (2016) e doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Universidade de São Paulo - ESALQ/USP (2019). Atualmente é professora efetiva na Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA. Durante o mestrado, trabalhou na área de concentração: Recursos Hídricos e Ambientais, Linha de pesquisa:



Manejo e aproveitamento de resíduos agroindustriais, já no doutorado, trabalhou na área de Irrigação e Drenagem. Atua prioritariamente com os seguintes tópicos: Irrigação pressurizada, hidráulica aplicada, Fertirrigação, Manejo, tratamento e disposição de águas residuárias, sistemas alagados construídos (wetlands), Biodigestão anaeróbia e Controle de poluição.

Fernando Campos Mendonça

Engenheiro Agrônomo pela ESALQ/USP (1990), mestrado e doutorado em Irrigação e Drenagem pela Universidade de São Paulo (1994 e 1999). Foi professor substituído na Universidade Federal de Uberlândia (UFU - 1998-2000). Realizou pós-doutorado na área de reuso agrícola de efluentes de esgotos tratados (2001-2002). Foi professor na Universidade do Oeste Paulista (Unoeste - 2003-2005). Atuou como pesquisador na Embrapa Pecuária Sudeste (2005-2010). Atualmente é professor no Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP. Trabalha com pesquisa e transferência de tecnologia para áreas irrigadas. Tem experiência na área de Engenharia de Água e Solo, com ênfase em Hidráulica, Irrigação e Drenagem, e Agricultura Irrigada. Atua principalmente nos seguintes temas: hidráulica agrícola, recursos hídricos, extensão rural, fertirrigação e projetos e manejo de irrigação.

Fernando José Pereira Ferreira

Técnico em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA, Campus Monte Castelo. Atualmente, graduando do curso de Engenharia Agrônoma, pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA.

Flávio Anastácio de Oliveira Camargo

Possui Graduação (1989) e Mestrado (1992) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, doutorado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1996) e pos-doutorado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1996), pela Universidade de Santa Maria (1996), pela Universidade da Califórnia - Riverside em 2001-2002 e 2008-2009 e pela Universidade da Flórida - Gainesville (2013-2014) e MBA em Agronegócio em andamento (USP/ESALQ). Foi Chefe do Departamento de Solos da UFRGS por duas vezes (2005-2007 e 2009-2011), Coordenador do Curso de Agronomia da UFRGS (1999-2001), Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFRGS por duas vezes (2011-2013 e 2015-2017), Coordenador Substituto do PPG Microbiologia Agrícola e do Ambiente e do PPG em Ciência do Solo da UFRGS, Coordenador da Comissão de Graduação, da Comissão de Pós-graduação e da Comissão de Pesquisa da Faculdade de Agronomia, Conselheiro da Editora da UFRGS, Presidente (2007-2009; 2009-2011) e Vice-Presidente da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2005-2007) e Presidente do XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (2007), Vice-Presidente da International Union of Soil Science (IUSS) (2014-2018), Presidente do World Congress of Soil Science (21st edition-2018) e Assessor da área de Agronomia do INEP (2002-2008) para o ENADE e avaliador do INEP. Atualmente é Professor Titular do



Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Coordenador de Área das Agrárias e integrante do Conselho Técnico Científico da Educação Superior (CTC-ES) da CAPES, Vice-Coordenador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Forense, avaliador institucional do Conselho Estadual de Educação RS, Editor assistente da revista Soil and Environment, Spanish Journal of Soil Science e da revista Inova Ciência e Tecnologia. Membro da Camara Agro 4.0 do MCTIC/ MAPA e integrante do GT Desenvolvimento profissional. É consultor da FAPESP, FAPEMIG, FAPERGS, FAPEPE, FAPEAM e EMBRAPA. Atua na área de Microbiologia e bioquímica do solo, especificamente na biorremediação de ambientes contaminados com compostos orgânicos e metais, ecologia microbiana de bactérias de importância biotecnológica e agrícola, uso de bioindicadores de terceira geração para o monitoramento ambiental e ciência forense e rastreabilidade aplicada ao solo e ao ambiente. Orientou 69 estudantes de graduação e pós-graduação e 6 pós-doutores. Apresenta índice H de 43, 31 e 28, com um artigo tendo sido citado 1780, 1162 e 1055 vezes, nas plataformas Google Academics, Scopus e Web of Science, respectivamente.

Francielle Oliveira de Vargas da Silva

Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS). Técnica em Segurança do Trabalho pela Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha. Participação como extensionista da operação Encantos do Vale, organizado pelo Núcleo Extensionista Rondon NER-UDESC (2018). É Analista de Segurança e Risco na empresa GKN do Brasil Ltda. Atuando e desenvolvendo treinamentos e integração de funcionários. Realização de análises e desenvolvimento de controle de incidentes/perigos, elabora A3 para incidentes, faz a gestão de NR-26 (Sinalização de Segurança), responsável pela avaliação e aprovação de novos produtos químicos na manufatura, desenvolve procedimentos internos de segurança e Meio Ambiente, participa das auditorias internas e externas da ISO 45001 e ISO 14001, Coordena a Brigada de Emergência e realiza a fiscalização do uso de EPIs. Atuando principalmente nos seguintes temas: escrita científica, ensino e gestão ambiental.

Francisco Izaac Silva Augusto

Graduação em andamento em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFRSA, Brasil.

Gabriel Amorim Luduvico

Graduação em andamento em Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado da Bahia- Campus IX, UNEB, Brasil.



Gerson Araújo de Medeiros

Graduated in Agricultural Engineering, Mastership and Doctorate in Water and Soil Engineering from Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), where studied the influence of water and tropical soil management at yield and water consumption of irrigated bean, an important crop for the Brazilian diet; Expert in Drainage and Watershed Management from Universidade de Taubaté (UNITAU). In 2015, to reinforce international insertion, developed studies at post-doctoral level on economic aspects of ecosystems services at the Faculty of Agricultural, Life and Environmental Sciences (ALES), University of Alberta (UofA), in Edmonton, Canada. In 2019, I held an exchange period at the Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Barcelona, Spain, under the supervision of Professors Xavier Gabarrell Durany and Joan Rieradevall Pons. During this period I conducted a study on solid waste management in five Brazilian cities using the CO2ZW software, developed by UABs Sostenipra research group and led by Professors Xavier and Joan. Since 2011 has been Professor at Institute of Science and Technology of Sorocaba (ICTS) at Universidade Estadual de São Paulo (UNESP) for the graduate course in Environmental Sciences and undergraduate course in Environmental Engineering, where has developed an educational constructivist approach based on landscape analyzes, as a way to evolve the understanding of environmental complexity. Has attended several conferences, symposiums and seminars on Environmental Sciences, including topics such as environmental impacts assessment, environmental management, water and soil management and landscape analyzes. The academic production includes 34 book chapters, 68 articles, 300 conference papers and abstracts, amounting over 400 publications. The broad experience and expertise in teaching, researching and academic extension have allowed developing works approaching different social groups as rural settlements, neighborhood communities, philanthropic institutions, and high school students, addressing the popularization of science and environmental issues such as natural resources management, re-vegetation of degraded land and waste management. Therefore, this academic journey has demonstrated guidance towards the improvement of the society welfare.

Hellen Dianne Pereira de Souza

Formada em Engenharia e Produção pela Universidade Ceuma (2017) Pesquisadora no Grupo de Pesquisa em Inovação e Sustentabilidade da Universidade Ceuma. Autora do livro Engenharia Simultânea e Just in Time. Organizadora e autora de capítulos de livros científicos. Membro da Liga acadêmica de Modelagem e Simulação da Universidade Ceuma, exercendo o cargo de Colaboradora de projetos científico. Tem experiências em projetos desenvolvidos na área de Engenharia de produção, logística, processos produtivos, agronegócio, modelagem e simulação e pesquisa operacional.



Heverly Morais

Graduada em Agronomia (1995) e Administração (2000). Mestre em Agronomia (2003) com ênfase em Agrometeorologia, dissertação em cafeeiros arborizados. Doutora em Agronomia (2006) com ênfase em Agrometeorologia, tese em cafeeiros sombreados artificialmente. Pesquisadora do IAPAR. Tem experiência na área de Agrometeorologia, atuando principalmente nos seguintes temas: sistemas agroflorestais e silvipastoris, micrometeorologia, instrumentação agrometeorológica, alerta à eventos extremos, mudanças climáticas, alertas fitossanitários e monitoramento agrometeorológico. Professora permanente do curso de Mestrado em Agricultura Conservacionista do Instituto Agronômico do Paraná.

Inglid Laís Batista Cunha de Souza

Graduação em andamento em Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado da Bahia- Campus IX, UNEB, Brasil.

Jannaylton Éverton Oliveira Santos

Atualmente é professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, ministrando disciplinas voltadas a geotecnologia e desenvolvendo pesquisas em agricultura de precisão, irrigação de precisão, topografia, sensoriamento remoto, Geoprocessamento e agrometeorologia. Possui Doutorado em Engenharia Agrícola (Recursos Hídricos e Ambientais) no Programa de Pós Graduação no departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. O Mestrado em Agronomia (Irrigação e Drenagem) na Programa de Pós Graduação na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), na Faculdade de Ciências Agrônomicas, Bolsista CNPq. É Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST). Possui o curso técnico em Agropecuária, na Escola Agrotécnica Federal de Vitória de Santo Antão - Pernambuco, hoje conhecido como IFPE - Campos Vitória. Foi representante dos alunos da Pós Graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem) da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (2015/2016), sendo um dos membros do conselho da Coordenação do Programa de PPG - Irrigação e Drenagem. Membro do Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada (GESAI), Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas (GEPAG) e do Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados (SensorGEO).

Jarlyr Vieira dos Santos

Graduanda em Engenharia Agrícola, atualmente cursando o 9º semestre, pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) campus Tomé-Açu, vice-coordenadora geral do Centro Acadêmico de Engenharia Agrícola (CAEA), membro titular do Colegiado do curso de Engenharia Agrícola, com experiência em Arquivo e Organização de Projetos, Coleta de Amostragem de Solo para encaminhar ao Laboratório, Interpretação de Análise Química do Solo, Plantio, Nutrição de Plantas, Desenvol-



vimento de Ensaios Experimentais, Recomendação de Adubação e Manejo para a Cultura do Milho com o objetivo de se atingir alta Produtividade de Grãos, Análises Morfológicas e Pós-Colheita, Integração Lavoura Pecuária-ILP, Implantação de Sistema de Plantio Direto-SPD, Secagem de Produtos Agrícolas, Linhas de pesquisa : Fertilidade do Solo, Adubação e Nutrição de Plantas, Fitotecnia, Manejo e Tratos Culturais com ênfase na cultura do Milho, Monitoramento e Análise de Dados Aplicados a Agricultura.

Jayne da Silva Andrade

Graduação em andamento em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Pelotas, UFPEL, Brasil.

Jéssica Garcia Nascimento

Engenheira Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Escola de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP). Atualmente é doutoranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas na Escola de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo (USP / ESALQ) e estudante visitante no Daugherty Water for Food Global Institute na Universidade de Nebraska-Lincoln. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em nutrição de plantas, irrigação, hidrologia e sensoriamento remoto aplicado aos recursos hídricos.

Jessica Silva Oliveira

Graduação em andamento em Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Maranhão, IFMA, Brasil.

João Luiz Lima

Graduação em andamento em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Brasil. Curso técnico/profissionalizante em Informática pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia, IFCE -Tianguá, Brasil.

João Paulo Moraes Rabelo

Graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas pelo IFSULDEMINAS - Campus Machado. Atualmente, mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais na UNIFAL- MG. Experiência em: Ciências Ambientais; Educação Ambiental; Gestão Ambiental; Recurso Hídricos.



Joaquim André

Engenheiro Agrônomo, Agente de pesquisa, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, IDR-Paraná, Londrina-PR.

José Renan da Silva e Silva

Graduação em andamento em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA, Brasil.

Karine Fonseca de Souza

Graduação em andamento em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Pelotas, UFPEL, Brasil. Atua do Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão de Resíduos e Sustentabilidade (NEPERS) desenvolvendo atividades laboratoriais, projetos de extensão nas áreas: resíduos de serviço de saúde e projeto de pesquisa com higienizadores sobre gerenciamento de resíduos sólidos de instituições de ensino superior.

Kataryna Pinheiro Zang

Graduação em andamento em Engenharia agrônômica pelo Instituto Federal do Piauí - Campus Uruçuí, IFPI, Brasil.

Liciane Oliveira da Rosa

Gestora Ambiental, mestranda no Programa de Pós Graduação em Ciências ambientais (PPGCamb) pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Atuou nas áreas de Estudo da qualidade da água do canal São Gonçalo e sua Relação aos usos da bacia hidrográfica da lagoa Mirim (2016), Utilização e tratamento de resíduos agropecuários pelo processo de vermicompostagem (2015) e Desenvolvimento de soluções ambientais e energéticas em propriedades de bacia leiteira da região sul do Rio Grande do Sul (2014 e 2015). Atualmente integra o Núcleo de Ensino e Pesquisa e extensão de Resíduos e Sustentabilidade NEPERS - UFPel e bolsista de extensão no País -Nível C.

Lucca Monteiro Silva Semensato

Atualmente cursando Engenharia Química na Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), com conclusão prevista para janeiro de 2021. Possui Bacharelado em Ciência e Tecnologia, também pela Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), e habilitação técnica em Informática para Internet pelo Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (2013-2015).



Luciana Aparecida Maurício da Silva

Graduanda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Grande Dourados. Foi bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PI-BIC - UFGD) na área de irrigação e aplicação de efluente suíno no capim tifton 85 (2018/2019). Foi voluntária no Jornal Universitário Agrícola News (JUAN) como criadora de conteúdo (2017/2019).

Luciano Belcavello

Licenciado e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo (2006), Mestre em Biotecnologia (Saúde) pela Universidade Federal do Espírito Santo (2010) e Doutor em Biotecnologia (Área de Genética Molecular Humana) pela Rede Nordeste de Biotecnologia / UFES (2014). Tem experiência nas áreas de Genética Molecular Humana, Citogenética Humana e Biologia Molecular, atuando principalmente nos seguintes temas: Doença Alzheimer, Demências, Danos aos DNA, Polimorfismos genéticos e Mutagenicidade. Professor EBTT do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Viamão.

Luciara Bilhalva Corrêa

Possui graduação em Economia Doméstica pela Universidade Federal de Pelotas (1999). Mestrado em Educação Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande (2005). Doutorado em Educação Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande (2009). Professora Associada da Universidade Federal de Pelotas. Coordena o Laboratório de Educação Ambiental e o Núcleo de Educação, Pesquisa e Extensão em Resíduos e Sustentabilidade. Atua nos Programas de Pós-Graduação nível Lato Sensu - Especialização em Educação Ambiental, e Stricto Sensu - Mestrado em Ciências Ambientais e Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais. Pesquisas relacionadas aos temas: consumo sustentável, família, criança, catadores, educação ambiental formal e não-formal, gerenciamento de resíduos sólidos domésticos e resíduos sólidos de serviços de saúde, higienização, qualidade de vida, sustentabilidade.

Lucilara Rodrigues Mendes

Graduação em andamento em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual do Maranhão, UEMA, Brasil. Atuando principalmente nos seguintes temas: agrometeorologia, comercialização, agricultura familiar, soberania alimentar, desenvolvimento social e sustentabilidade.



Luis Fernando Baldo Estorari

Graduação em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL/MG, Brasil. Graduação em andamento em Engenharia Química pela Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL/MG, Brasil.

Luís Jorge Mesquita de Jesus

Graduação em Física pela Universidade Federal do Maranhão (2008), onde participou de pesquisas na área de dinâmica não-linear, ótica não-linear e termocondutividade envolvendo os fenômenos físicos sôliton e quase-sôliton. Participou também de pesquisas voluntárias sobre aquecimento global e questões ambientais. Possui mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2011) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2015), onde obteve experiência na área de simulação computacional usando método de elementos de contorno, método de integração radial e método da reciprocidade dual aplicados a fluidos, fenômenos térmicos, análise dinâmica, estabilidade, cascas e em aeronáutica. Desenvolveu pesquisas no Laboratory of Lightweight Structures, da Aalto University (Finlândia) entre 2014 e 2015, num período de doutorado sanduíche. Durante o estágio obteve experiência em análises numéricas utilizando softwares comerciais de elementos finitos, trabalhou na implementação de rotinas computacionais referentes à análise transiente e modal de cascas feitas de materiais compósitos e também participou de treinamentos de formação relacionados com fabricação e testes mecânicos de compósitos reforçados com fibras. Foi Professor dos Cursos de Engenharia de Petróleo e Engenharia de Produção da Universidade CEUMA, atuando nas linhas de pesquisa de otimização, pesquisa operacional e modelagem na produção de gás natural e em reservatórios de petróleo. Atuou como consultor Ad Hoc do Comitê Assessor Técnico-Científico da FAPEMA.

Luiz Henrique Arimura Figueiredo

Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de Lavras (1995), mestrado em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras (1998) e doutorado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal de Viçosa (2004). Atualmente é professor de educação superior da Universidade Estadual de Montes Claros. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Física do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: classificação dos solos, áreas degradadas, poluição.

Magnun Antonio Penariol da Silva

Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (2011), mestrado em Agronomia (Energia na Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2013) e doutorado em Agronomia (Energia na Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2016). Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Federal Rural da Amazô-



nia, Câmpus de Tomé Açu (PA). Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Secagem e Armazenamento de Produtos Agrícolas, atuando principalmente nas seguintes Linhas de Pesquisa: Bioquímica Pós-Colheita de Oleaginosas e derivados, Qualidade de Grãos Armazenados e Biodiesel.

Maiara Moraes da Costa

Graduação em andamento em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Pelotas, UFPEL, Brasil.

Maisa Helena Mancini

Graduação em andamento em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL/MG, Brasil.

Maria do Carmo Ruaro Peralba

Possui graduação em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1976), mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais da UFRGS (1979), doutorado em Físico-Química pela Universidade de São Paulo (1990) e pós-doutorado na Florida International University (1998). Atualmente é Professora Titular do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e orienta alunos de mestrado e doutorado. Foi coordenadora pró-tempore do Programa de Pós-graduação em Química do IQ/UFRGS em 1993 e diretora do Centro de Tratamento de Resíduos Químicos do IQ/UFRGS no período de 2004 a 2010. Atualmente é coordenadora do Centro de Combustíveis , Biocombustíveis , Óleos e Lubrificantes do IQ/UFRGS e coordenadora do contrato ANP/UFRGS/FAURGS de Controle de Combustíveis do RS. Tem grande experiência em cromatografia, atuando nas áreas de Química Analítica, Análise de Traços, Química Ambiental e Geoquímica Orgânica, nos seguintes temas: petróleo, biocombustíveis, carvão, pesticidas, degradação de compostos, hidropirólise e biomarcadores geoquímicos.

Maria Lourença Costa Ribeiro

Graduação em andamento em Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Maranhão, IFMA, Brasil.

Marilucia de Jesus Gomes

Graduação em andamento em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil.



Milena Samara da Luz

Graduação em andamento em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal do Piauí - Campus Uruçuí, IFPI, Brasil.

Monalisa Soares Costa

Formada em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Semiárido em 2014, com mestrado em Engenharia Agrícola, na área de recursos hídricos e ambientais, com ênfase em manejo da irrigação na agricultura, na Universidade Federal de Viçosa e com doutorado em engenharia agrícola pela Universidade Federal Rural de Pernambuco com área de concentração em engenharia de solo e água. Atua nas áreas de agricultura irrigada, manejo de irrigação, aplicação de resíduos na agricultura e função de produção.

Murillo Cazolato Colombo

Engenheiro Agrônomo pelo Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL) (2019). Atualmente é Mestrando pelo Programa de Pós Graduação em Agricultura Conservacionista do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná -IDR na área de Manejo e Conservação dos Recursos Naturais, com linha de pesquisa na área de Agrometeorologia; Microbiologia do Solo; Agroecologia e Manejo e Recuperação dos Solos. Cervejeiro e responsável pela produção na Cervejaria Santo Prazer LTDA. Sommelier de Cervejas com dupla certificação pela Escola Superior de Cerveja e Malte (ESCM-Brasil) (Doemens-Alemanha), especialização em controle de qualidade e microbiologia industrial de bebidas fermentadas.

Naiara Paes Landim da Silva

Graduação em andamento em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil.

Orlando de Carvalho Junior

Engenheiro Civil graduado pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS) Universidade Estadual Paulista (UNESP) em 2001. Mestre em Engenharia Civil com ênfase em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) Universidade de São Paulo (USP) em (2004). Doutor em Engenharia Civil com ênfase em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) Universidade de São Paulo (USP) em (2008). Atua nas áreas de: Hidráulica, Saneamento, Qualidade da Água e Controle da Poluição Ambiental nos Recursos Hídricos. Principal linha de pesquisa: Desenvolvimento de biotecnologias para tratamento de efluentes. . Atualmente é professor Associado no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Câmpus de Londrina.



Palloma Cristinne de Castro Bastos

Graduação andamento em Artes Visuais pela Universidade Federal do Maranhão, UFMA, Brasil. Especialização em andamento em Neuropsicopedagogia em Educação Especial Inclusiva pelo Centro Sul Brasileiro de Pesquisa Extensão e Pós-Graduação LTDA, CENSUPEG, Brasil.

Patrícia Dörr de Quadros

I'm a postdoctoral fellow at the University of Toronto Scarborough since January/2017. I have a degree in Agronomy, Master's and Ph.D. in Soil Microbiology and Biochemistry (Federal University of RS/ Brazil/ University of Florida), with expertise in plant microbiome, microbial ecology, molecular biology, and bioinformatics. My actual research is about selecting bacterial endophytes with metabolic potential to improve plants' taste, nutritional value, flavonoids, polyphenols, and flavour (production of bacterial inoculants for leafy greens growing in hydroponic/aquaponic systems). I held the rank of Assistant Professor (2014-2016) at the Federal University of RS/ Brazil when I was also doing research on bioremediation of PAH contaminated soils. I studied for 2 years at the University of Florida (Ph.D., 2011-2013) where I studied the microbial communities of diverse ecosystems including soils (agricultural and post-coal-mined soils, swamp soil/ Everglades, FL) and atmospheric microbiome. I also have travelled to Angola, Africa, to work as a consultant agronomist and also to teach soil fertility and cropping systems management (2010-2013). In my leisure time, I love studying Astrophysics and going hike to explore nature.

Patrícia Helena Santoro

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Londrina (2003), mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual de Londrina (2006) e doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual de Londrina (2011). Atualmente é pesquisadora do Instituto Agrônomo do Paraná, onde desenvolve pesquisas em cafeicultura.

Paulo Henrique Dalto

Professor do Instituto Federal do Piauí (IFPI Campus Uruçuí) desde 2014. Possui: Mestrado em Agronomia na área de Produção Vegetal, UFPI, 2016; Especialização em Ciências Ambientais, IFPI, 2013; MBA em Gestão Empresarial, FGV, 2010; Classificador de Produtos Vegetais, UFV, 2009; Graduado em Engenharia Agrônoma, UEL, 2005. Tem experiência na área de Administração Rural, Grandes Culturas e Máquinas Agrícolas, com ênfase em Gestão de Propriedades Rurais.



Raiane de Carvalho Barros

Graduação em andamento em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal do Piauí - Campus Uruçuí, IFPI, Brasil.

Rayane Moreno Waterkemper

Graduanda no curso de Engenharia Agrícola, na Universidade Federal da Grande Dourados, atuando na área de pesquisa na parte de Engenharia de Água e Solo.

Rillary Biannca de Oliveira Alves

Graduação em andamento em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil.

Rodrigo Barbosa Silva

Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA (2014). Atualmente, graduando do curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Estadual do Maranhão - UEMA.

Rodrigo Shoji Nakano

Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Brasil.

Romildo de Lima Amaro

Graduação em andamento em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFRSA, Brasil. Curso técnico/profissionalizante em Técnico em Meio Ambiente pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, IFRN, Brasil.

Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes

Graduado em Meteorologia pela Universidade Federal do Pará (1992), mestre em Meteorologia pela Universidade Federal da Paraíba (1995) e doutor em Meteorologia pela UFCG. Atualmente é prof. Adjunto IV da Universidade Estadual do Maranhão. Atua nas seguintes áreas: Climatologia, Agrometeorologia, interação oceano-atmosfera, análise e previsão do tempo.

Ronierix Ribeiro de Souza

Graduação em andamento em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil.



Sabrina de Melo Silva

Técnica Ambiental, IFMT, Cuiabá-MT.

Sabrina Gonçalves Vieira de Castro

Graduação em andamento em Agronomia pela Universidade Estadual de Montes Claros, UNIMONTES, Brasil

Samuel Barros Pires

Graduação em andamento em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal do Piauí - Campus Uruçuí, IFPI, Brasil.

Saulo Inglis Marinho

Graduação em andamento em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA, Brasil.

Sylma Carvalho Maestrelli

Professora Associada, possui graduação em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos, mestrado e doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais (DEMa-UFSCar) e especialização em Engenharia Cerâmica pelo Centro Cerâmico de Bolonha - Italia. Em 2009 tornou-se professora da Universidade Federal de Alfenas, campus de Poços de Caldas e desde 2010 atua no PPGCEM da mesma universidade. Atua no desenvolvimento de cerâmicas porosas aplicadas à despoluição de águas (semicondutores) e de suportes de reatores para imobilização enzimática. Tem desenvolvido pesquisas voltadas à nanotecnologia, trabalhando com Moagem de alta energia, flash sintering e two steps sintering. Possui projetos na área de compósitos cerâmica/polímero e em concretos de construção civil (otimização de formulações, substituição de matérias primas e biomineralização). Atualmente é membro do Colegiado do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, vice coordenadora da Engenharia de Minas, Coordenadora da área de Ciências Exatas, da Terra e Engenharias do CIPICTI e professora do Curso de Especialização em Engenharia de Minas - CEEM.

Tatiana Porto de Souza

Mestranda em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais. Integrante do Núcleo de Educação, Pesquisa e Extensão em Resíduos Sólidos e Sustentabilidade (NEPERS - UFPel), com pesquisa na área de Educação Ambiental. Graduanda no Curso de Formação Pedagógica para Graduados não-licenciados (IFSUL). Especialista em Gestão Pública e Desenvolvimento Regional pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Bacharel em Turismo pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel).



Thais dos Santos Rodrigues

Graduação em andamento em Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil.

Thaisa Camila Vacari

Engenheira Sanitarista e Ambiental (2013) e mestre em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Mato Grosso (2016), estudou o uso de telhados verdes como uma alternativa tecnológica para redução do volume da água pluvial escoada. Trabalhou com qualidade da água e tratamento de esgoto e lixiviados (chorume) na Companhia de Saneamento da Capital (Sanecap-Cuiaba/MT) e com projetos de instalações hidrossanitárias prediais na Secretaria de Estado de Cidades (Secid-MT). Integrou a equipe técnica de elaboração de 109 planos municipais de saneamento básico pelo projeto PMSB106 (UFMT), dos quais esteve diretamente ligada a 19 municípios do estado de Mato Grosso. Trabalhou na elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do Alto Paraguai Médio e Superior no estado de Mato Grosso (SEMA, Uniselva-UFMT). Possui MBA em Gestão de Projetos e atualmente atua como professora no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT-Bela Vista) ministrando as disciplinas de Diagnóstico Ambiental, Planejamento Territorial Ambiental, Gestão de Águas e Efluentes, Avaliação de Impactos Ambientais, Gestão Ambiental, Recursos Hídricos e Educação Ambiental.

Thales Roberto Brandão Malheiros Almeida

Graduação em andamento em Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil.

Thalita Mirian Santos Furtado

Formada em Oceanografia pela Universidade Federal do Maranhão, mestranda em Meteorologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atua na áreas da Climatologia, Climatologia Antártica, Precipitação. Tem experiência com Análise de Funções Ortogonais Empíricas e Componentes Principais, Análise Espectral de Onda, Correlações Cruzadas, Anomalias, Análise de Climatologias, Tratamento de Dados de Longas Séries Temporais, Geoprocessamento, Agricultura.

Thiago Lacerda dos Santos

Graduação em andamento em Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil.



Vanessa Faria de Oliveira

Graduação em andamento em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Pelotas, UFPEL, Brasil. Atua do Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão de Resíduos e Sustentabilidade (NEPERS) desenvolvendo atividades laboratoriais, projeto de pesquisa na área de compostagem e projetos de extensão nas áreas: resíduos de serviço de saúde, catadores de cooperativas de materiais recicláveis e educação ambiental.

Vanessa Sacramento Cerqueira

Graduação em Engenharia de Alimentos pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande-FURG (2004), Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande-FURG (2007), Doutorado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS (2011) e Pós-Doutorado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS (2012). Atualmente é Professora Adjunta no Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas-UFPEL concursada na área de Gerenciamento e Tratamento de Resíduos Sólidos. Atualmente é Professora Permanente no Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar na UFPEL. Tem experiência na área de biotecnologias ambientais atuando principalmente nos seguintes temas: microbiologia ambiental, bioprocessos, reaproveitamento de resíduos industriais, produção de biossurfactantes, biorremediação de áreas contaminadas e vermicompostagem.

Victor Oliveira Silva Gonçalves

Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Brasil.

Vitória Oliveira Andrade

Graduação em andamento em Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil.

Wanessa Almeida da Silva

Graduação em andamento em Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil.



Wesley Barbosa Lima Barbosa

Técnico em Desenho Mecânico formado através do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), é graduando em Oceanografia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e estagiário do Laboratório de Estudos e Modelagem Climática (LaClima), onde atua na área da Interação Oceano-Atmosfera-Criosfera, Gelo Marinho, Climatologia Antártica, Modelagem Climática, Circulação Oceânica, Atmosférica Global e Regional, Climatologia Dinâmica de Altas, Médias e Baixas Latitudes. Tem experiência com Análise Espectral de Onda (Wavelets), Modelagem Climática Acoplada Oceano - Atmosfera - Gelo Marinho (Modelo CM2.1), Análise de Climatologias e Tratamento de Dados de Longas Séries Temporais. Atualmente desenvolve a pesquisa intitulada como: Impactos do Aumento do Gelo Marinho da Antártica no Clima da América do Sul: Simulações por Conjunto x Reanálises. Cujo o objetivo é analisar a sensibilidade do clima da América do Sul ao aumento do gelo marinho Antártico, bem como os mecanismos de teleconexões polo-extratropicais-trópicos e a atuação dos distúrbios atmosféricos (transientes e estacionários) na transferência e dissipação do sinal climático gerado em altas latitudes austrais. Como bolsista Voluntário.



ORGANIZADORAS

Camila Pinheiro Nobre



Professora Adjunta I - Campus Itapecuru-Mirim da Universidade Estadual do Maranhão. Foi bolsista de Fixação de Doutor - UEMA/ Programa de Pós Graduação em Agroecologia. Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão (2008), mestrado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2011) e doutorado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2014). Foi bolsista de pós doutorado CAPES/PVE da Universidade Estadual do Maranhão de 2015 a 2016. Atuou como professora substituta do Departamento de Química e Biologia da Universidade Estadual do Maranhão ministrando as disciplinas de Microbiologia, Microbiologia Ambiental e Diversidade de Micro-organismos. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Microbiologia e Bioquímica do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: Fungos micorrízicos arbusculares - identificação morfológica e ecologia; Micorrizas - aplicação e eficiência. E-mail: camilanobre@twamf.com. ORCID: 0000-0001-8137-7456; ResearcherID: L-4252-2014; Scopus Author ID: 55847138300.

Anna Christina Senazario de Oliveira



Possui Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF - 2007), mesma instituição que fez Mestrado (2009) e Doutorado (2013) em Produção Vegetal, além disso, também possui Formação Complementar em Ciências Biológicas, pela Universidade Salgado de Oliveira. Fez parte da Equipe de Formação da UENF no PROJÓVEM Campo - Saberes da Terra do Estado do Rio de Janeiro, lecionou as disciplinas Estatística, Economia Ambiental e Sustentabilidade e Metodologia Científica na Faculdade de Educação Santa Terezinha, em Imperatriz - MA, além de ter atuado como Professora Visitante do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), onde ainda permanece com bolsa de pesquisa. Com isso, possui experiência na área de Agronomia, com ênfase em Produção Vegetal, atuando e publicando principalmente em temas relacionados à produção, qualidade fisiológica e armazenamento de sementes, agroecologia.

Esta obra, apresentada em 22 capítulos, tem como objetivo apresentar estudos realizados por pesquisadores de diferentes regiões do Brasil, os quais trabalham nas áreas das Ciências Ambientais e Agrárias. Neste terceiro volume os resultados e conclusões, destes trabalhos, abordam temas como estudos sobre impactos ambientais, estudo de cultivares agrícolas, estudo do solo, biocombustíveis, microbiologia, tratamento de resíduos sólidos, processamento de alimentos, ecoturismo, gestão ambiental, saneamento ambiental e morfologia vegetal. Contribuindo com diferentes subáreas das duas grandes áreas contempladas.

