



ENGENHARIA, AGRONOMIA E GEOCIÊNCIA 2014-2021

**ENGENHARIA,
AGRONOMIA E
GEOCIÊNCIA
2014-2021**

E576 Engenharia, Agronomia e Geociência 2014-2021/Org.: Francisco et al.

— Campina Grande: EPTEC, 2021.
193 f.: il. color.

ISBN: 978-65-00-32181-4

1. Tecnologia. 2. Desenvolvimento. 3. Pesquisa. 4. Ciência. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Furtado, Dermeval Araújo. III. Ferreira, Aline Costa. IV. Título.

CDU 62

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável. Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.



Créditos das Imagens da capa

Pixabay

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Djail Santos (CCA-UFPB)
Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)
George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)
Josivanda Palmeira Gomes (CTRN-UFCG)
João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)
José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)
Juarez Paz Pedroza (CTRN-UFCG)
Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)
Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)
Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)
Newton Carlos Santos (UFRN)
Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)
Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco
Dermeval Araújo Furtado
Aline Costa Ferreira

ENGENHARIA, AGRONOMIA E GEOCIÊNCIA 2014-2021



1.a Edição
Campina Grande-PB
2021

REALIZAÇÃO

® Portal Tecnológico de Divulgação Científica

Eventos, Pesquisas e Inovação



APOIO



Universidade Federal
de Campina Grande



INSTITUTO
FEDERAL
Paraíba



UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



Universidade Federal de Sergipe



UNIVERSIDADE FEDERAL
DO SUL DA BAHIA



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO CEARÁ



INSTITUTO
FEDERAL
Bahia



PUCPR



UFAM



UFG
UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



UEFS
universidade estadual de
feira de santana



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS



UESB
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO SUDOESTE DA BAHIA

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| Capítulo I | 7 |
| COMPORTAMENTO DA VEGETAÇÃO EM ÁREA SEMIÁRIDA INSERIDA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE FARINHAS, PARAÍBA | 7 |
| Capítulo II | 16 |
| A PRECIPITAÇÃO NA MESORREGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM: USO DE SENSORIAMENTO REMOTO E PRODUTOS OBSERVADOS | 16 |
| Capítulo III | 26 |
| INFLUÊNCIA DE BIOCARVÃO NA EMERGÊNCIA DE SEMENTES DE MELÃO | 26 |
| Capítulo IV | 37 |
| DETECÇÃO DE MUDANÇAS DA VEGETAÇÃO DE CAATINGA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO PARAÍBA ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO | 37 |
| Capítulo V | 54 |
| PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA: ESTUDO E LEVANTAMENTO PROSPECTIVO DO POTENCIAL DA PLANTA JUAZEIRO (ZIZIPHUS JOAZEIRO) | 54 |
| Capítulo VI | 67 |
| PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DO ANGICO-BRANCO (ANADENANTHERA COLUBRINA (VELL) BRENAN) | 67 |
| Capítulo VII | 79 |
| DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU-MIRIM, NO NORDESTE BAIANO | 79 |
| Capítulo VIII | 92 |
| QUALIDADE DE NASCENTES DE IGARAPÉS DA CIDADE DE MANAUS, AMAZONAS | 92 |
| Capítulo IX | 107 |
| APLICAÇÃO DO NDVI PARA ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE VIRGINÓPOLIS-MINAS GERAIS | 107 |
| Capítulo X | 118 |
| DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA ZONA URBANA DA CIDADE DE AURORA/CE | 118 |
| Capítulo XI | 132 |
| IMPACTO DO DÉFICIT HÍDRICO SOB O CRESCIMENTO DO MILHO IRRIGADO | 132 |
| Capítulo XII | 140 |
| CITOGENÉTICA DE UMA ESPÉCIE DE ZEPHYRANTHES HERB. (ZEPHYRANTUS SP.) CULTIVADA | 140 |
| Capítulo XIII | 149 |
| DIFERENTES MÉTODOS DE CONTROLE DA BUVA PARA SEMEADURA DA CULTURA DA SOJA | 149 |
| Capítulo XIV | 160 |


| | |
|---|------------|
| FITOMASSA E TEORES DE CLOROFILA EM MUDAS DE MANJERICÃO SUBMETIDAS À ADUBAÇÃO NITROGENADA | 160 |
| Capítulo XV | 173 |
| CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE POÇOS EM ILHÉUS, BAHIA, BRASIL | 173 |
| Capítulo XVI..... | 186 |
| DIAGNÓSTICO AMBIENTAL PARA CRIAÇÃO DE SUÍNOS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE - PB186 | |
| Curriculum dos Organizadores..... | 193 |

CAPÍTULO I

COMPORTAMENTO DA VEGETAÇÃO EM ÁREA SEMIÁRIDA INSERIDA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE FARINHAS, PARAÍBA


Fabiana Donato Soares Lisboa

Consultora Ambiental, fdslisboa@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7413-7451>


Haile Silvino Guimarães

Mestrando, PPGEA/CTRN/UFCG, Campina Grande, hailesguimaraes@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7282-3127>


Guttemberg da Silva Silvino

Professor Associado, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, guttembergs@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9199-2732>


Maurício Javier De León

Professor Adjunto, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, mjleon@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9084-2751>


Maria Cristina dos Santos Pereira

Técnico Administrativo, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, mariacristina@yahoo.com.br

 <https://orcid.org/0000-0001-7586-053X>

Nivaldo Timóteo de Arruda Filho

Professor Adjunto, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, nivaldo.arruda.filho@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8480-8047>

Introdução

A região semiárida brasileira, definida oficialmente pelo Decreto nº 11.701 de 10 de março de 2005, abrange parte dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais, totalizando uma área de 969.589,4 km², e abrigando uma população de aproximadamente 20,8 milhões de habitantes (BRASIL, 2005).

Em decorrência do baixo nível de desenvolvimento humano e das dificuldades naturais de clima, solo e recursos hídricos, a região vem sendo alvo de políticas públicas voltadas à melhoria das condições de saúde, educação, moradia, emprego e renda, agora com foco na sustentabilidade da qualidade de vida das populações e do meio ambiente. Dentre as iniciativas com foco no desenvolvimento sustentável da região, está o Plano Nacional de Combate à Desertificação (PAN-

BRASIL, 2004), do Ministério do Meio Ambiente.

Segundo o PAN-BRASIL (2004), a desertificação é a face mais visível da exploração irracional dos recursos naturais na região, caracterizada pela degradação do solo e dos recursos hídricos, pelo desmatamento e pela redução da biodiversidade. Tal fenômeno contribui diretamente para o empobrecimento das comunidades, especialmente na zona rural, na medida em que, reduz ou mesmo elimina a capacidade produtiva das terras, e coloca em risco a sustentabilidade do desenvolvimento e o futuro das próximas gerações.

O mapeamento a partir de utilização do geoprocessamento constitui em um importante recurso para os estudos dos aspectos físicos e ambientais. Através dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é possível obter um banco de dados georreferenciados da área de interesse a ser estudada. Os SIG's são programas de computador usados para criar, manipular e gerar dados a partir das informações espaciais armazenadas em um banco de dados geográfico, o qual permite com que os objetos armazenem informações de localização juntamente com informações alfanuméricas (CÂMARA et al., 2005).

SIGs podem proporcionar as associações, sínteses, correlações entre as diferentes análises possibilitando sua realização por diferentes profissionais e instituições (MOURA, 2003). Além disso, o geoprocessamento possui dois importantes fatores que contribuem para sua importância e crescimento no cenário científico, tecnológico e comercial. De uma maneira geral, sensoriamento remoto é a denominação dada à técnica de medir grandezas físicas de objetos, sem contato direto com os mesmos. Para tal, são utilizados sensores que captam a energia refletida ou emitida pelo objeto (CÂMARA et al., 2005).

Diferentes coberturas vegetais têm sido avaliadas por meio da relação existente entre bandas espectrais individuais, e/ou técnicas de realce das imagens, com parâmetros biofísicos da vegetação, entre eles a fitomassa (QI et al., 2000).

Neste sentido, estudos de cobertura vegetal poderá oferecer um contributo ao conhecimento do processo de desertificação numa das ASD (Áreas Suscetíveis à Desertificação) do Estado da Paraíba. A bacia hidrográfica do Rio Farinhas, localizada no município de Patos-PB foi selecionada por ainda não dispor de estudos dessa natureza, e estar situada numa região com forte presença de indústrias de cerâmica e de cal, além do uso agrícola e explorações de carvoaria, que constituem o grupo de grandes usuários que têm a lenha nativa como matriz energética em seus processos produtivos.

O trabalho tem como objetivo avaliar o processo de desertificação na bacia hidrográfica do açude Farinhas, Patos-PB, através do indicador de cobertura vegetal (NDVI), utilizando técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

A área de estudo denominada de micro bacia hidrográfica do rio Farinha (Figura 1), com área de 745 km² está localizada no município de Patos, Estado da Paraíba. Sua localização está compreendida entre às coordenadas geográficas de 07°01'39" a 07°16'50" de latitude sul e 36°43'41" a 37°16'28" de longitude a oeste, com uma área total de 822,7 km². De acordo com o IBGE (2015), a população de Patos está estimada em 106.314 habitantes.

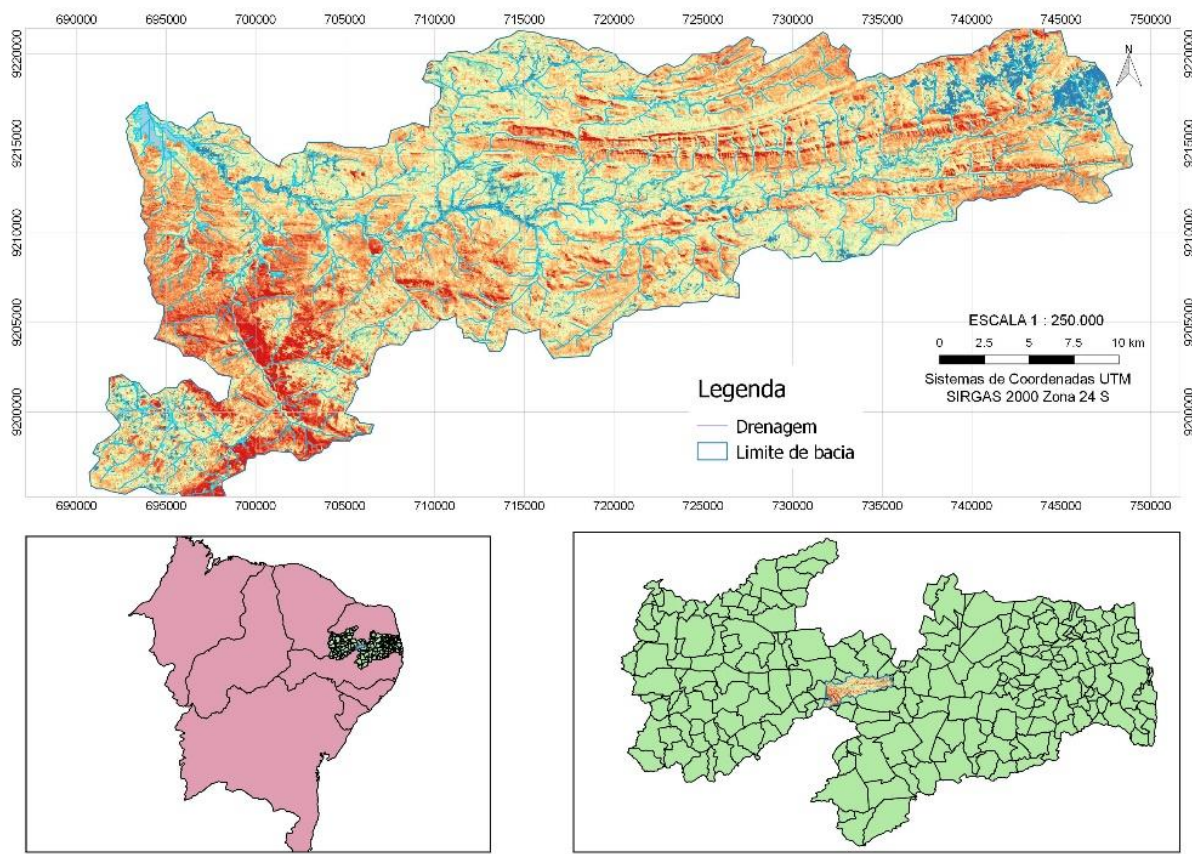


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo.

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Topografia e Geoprocessamento (LabTGeo), no Centro de Ciências Agrárias, Campus II da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), localizado na cidade de Areia. Foram realizados levantamentos de dados pluviométricos da região de Patos – PB junto à AESA e INMET, e o pré-processamento (correção geométrica) e processamento (NDVI, classificação e mapeamento temático) das imagens de satélite selecionadas.

O cálculo do índice de vegetação por diferença normatizada (NDVI) foi utilizado para medir a quantidade e condição da área da bacia hidrográfica determinada nos diferentes tipos de cobertura. Foi calculada utilizando as imagens das bandas 4 e 3, pois definem melhor os limites entre o solo e a água com a vegetação mais discriminada, demonstrando as diferenças na vegetação que aparecem em tonalidades de vermelho, no caso a utilização das bandas 3 (0,63 a 0,69 µm – vermelho) e 4 (0,76 a 0,90 µm - infravermelho próximo), seguindo a Equação 1.

Foram utilizados um conjunto de imagens LANDSAT 5, sensor TM bandas 4 e 3 referentes aos anos de 1995 e 2005 do mês de março, selecionadas a partir do grau da cobertura de nuvens e do período de chuvas na região, disponível em USGS Science for a Changing World.

$$NDVI = \frac{(Banda\ 4 - Banda\ 3)}{(Banda\ 4 + Banda\ 3)} \quad (Eq.1).$$

Foi utilizado o Software QGIS 2.16.1 'Nødebo' para o processamento das informações georreferenciadas, sendo necessário reclassificar a imagem para que novos atributos fossem dados a cada pixel que possuem valores no intervalo estabelecido de NDVI e assim, foram utilizadas quatro classes de vegetação representativa: solo exposto; vegetação rala; vegetação semi-densa e vegetação densa, obtidas a partir da Equação 2.

$$[(NDVI \leq 0.20) + ((NDVI < 0.20 \text{ AND } NDVI \leq 0.30) * 2) + ((NDVI < 0.30 \text{ AND } NDVI \leq 0.40) * 3) + ((NDVI > 0.40) * 4)] \quad (Eq.2)$$

Para a classificação da cobertura vegetal, foi utilizado o método de classificação pixel a pixel, em que utilizam as informações espectrais de cada pixel, isoladamente, para identificar regiões homogêneas. Foram utilizados os intervalos de variação do NDVI listados na Tabela 1, obtidos por leitura de pixels das imagens de satélite.

Tabela 1. Intervalos de variação de NDVI para fins de classificação das imagens

| Classificação | NDVI |
|----------------------|------------------------|
| Solo Exposto | pixel \leq 0.20 |
| Vegetação Rala | 0.2 < pixel \leq 0.3 |
| Vegetação Semi-densa | 0.3 < pixel \leq 0.4 |
| Vegetação Densa | pixel \geq 0.4 |

Realizou-se também a avaliação das classificações finais, obtenção da área das classes de cobertura vegetal para os momentos selecionados, e identificação das possíveis causas das alterações da cobertura vegetal no município.

O levantamento dos dados pluviométricos da região (Tabela 2) foi realizado com o objetivo de garantir que as imagens de satélite selecionadas estivessem dentro do período seco e chuvoso da região, para assim realizar a comparação dentre as décadas. Obteve-se a série de dados mensais e anuais da AESA (1995 e 2005), os quais foram os mesmos anos de aquisição das imagens LANDSAT 5.

Tabela 2. Pluviometria mensal do município de Patos para os anos de 1995 e 2005

| Ano | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Total (mm) |
|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|-----|-----|-----|------|-------|------------|
| 1995 | 46,6 | 97,4 | 194,7 | 123,0 | 153,5 | 28,4 | 12,8 | 0,0 | 0,0 | 9,0 | 28,6 | 25,8 | 719,8 |
| 2005 | 27,8 | 68,3 | 384,3 | 47,5 | 20,7 | 40,1 | 0,0 | 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 180,1 | 771,3 |

Fonte: AESA (2019).

Resultados e Discussão

Através do estudo da pluviometria da região da bacia hidrográfica (Figura 2) observa-se que, apesar dos anos terem pluviometria diferentes, a distribuição das chuvas permanece constante, sendo o período mais chuvoso fevereiro a abril, e o período de estiagem de agosto a outubro, resultados observados em todos os anos analisados. Observa-se também, que 2005 é o ano mais chuvoso, atingindo mais de 380mm no mês de março e um total acumulado de 771,3mm.

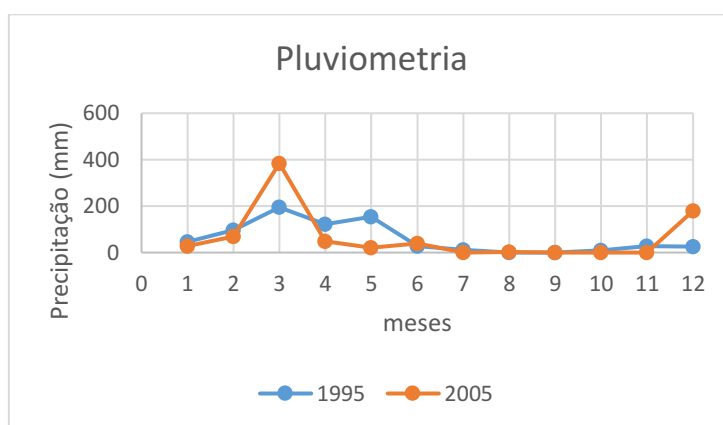


Figura 2. Índice pluviométrico da região da bacia hidrográfica em diferentes épocas.

Os resultados referentes à análise dos valores de NDVI descritiva dos atributos na área em estudo, demonstra que, há uma relação direta, que quanto maior o valor, mais densa é a vegetação. Esse índice concentra-se em dois aspectos, o monitoramento de mudanças anuais da atividade e do desenvolvimento da vegetação, e na redução de ruídos, como sombras de nuvens, variações topográficas e diferença de iluminação solar.

A seguir, observa-se os mapas das imagens processadas referente aos cálculos de NDVI, para as duas épocas estudadas. Na Figura 3 observa-se o cálculo do NDVI para o mês de abril de 1995, e na Figura 4 para o mês de abril de 2015 (b), onde há a preocupação em utilizar as mesmas épocas para comparação da cobertura vegetal do solo dentro da quadra chuvosa da área de estudo, acompanhando as respectivas composições coloridas, em falsa cor. Verifica-se que, nesta composição, a vegetação densa é representada pela cor verde mais escuro, o solo exposto pela cor vermelha, a área com vegetação rala em cor laranja, e as áreas com vegetação semidensa e densa em combinação com tons de verde.

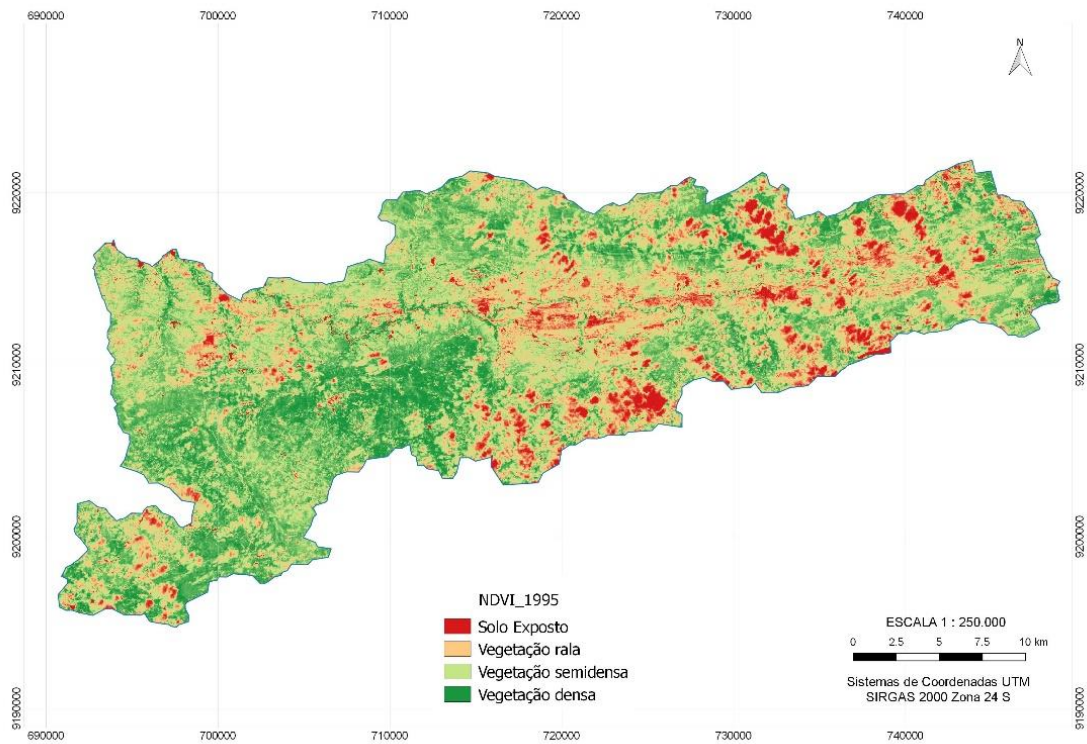


Figura 3. Imagem processada referente ao cálculo de NDVI, para o período de 1995.

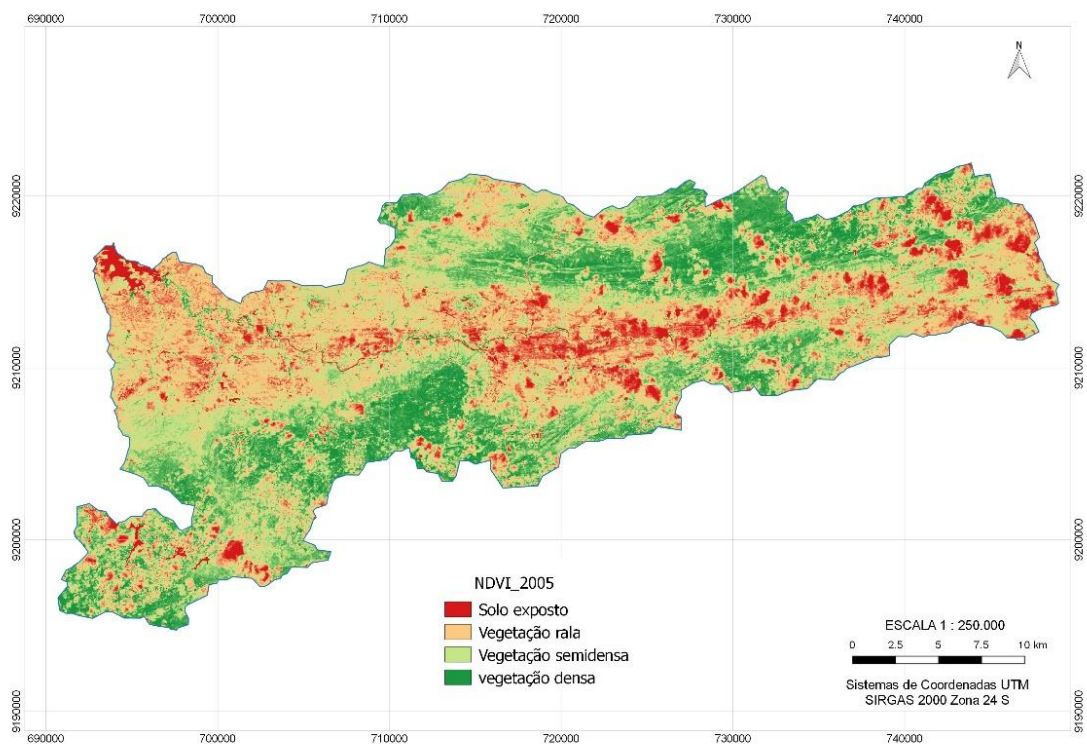


Figura 4. Imagem processada referente ao cálculo de NDVI, para o período de 2005.

Lisboa (2016) afirma que, no período estudado, as áreas com vegetação mais densa e preservadas encontram-se na área com relevo fortemente ondulado e montanhoso, o que inibem as atividades agrícolas e pecuarista na região, pela dificuldade de acesso. Já nas regiões mais planas e

suavemente ondulada, observa-se diversas atividades antrópicas relacionadas à estas práticas, em criação de gado, bode, ovelhas, além de produções agrícolas como palma, culturas de sequeiro e temporárias, em virtude de a pluviosidade ser diminuta e as características pedregosa do solo.

A presença de distúrbios e a dominância das ações antrópicas em detrimento das espécies mais sensíveis estabelecem marcantes alterações na estrutura e distribuição da flora. No ambiente analisado, em época distinta se evidenciaram tais alterações, ocorrendo tendência de separação entre o ambiente rural e urbano.

A crescente demanda hídrica e territorial tem sido constante, sendo a bacia hidrográfica do rio Farinha possuir um reservatório próximo ao município, vem sendo um facilitador para o crescimento das cidades em busca de abastecimento, entre outros.

A área constitui uma característica de transição, onde se encontra centro urbanos, fazenda com lavouras e pecuárias e reserva ambiental, com características de uma vegetação de caatinga.

Na Tabela 3 observa-se o comportamento do uso e ocupação para o ano de 1995 para a área de estudo. Neste período, a precipitação ocorrida é de 719,00mm, porém no mês de março foi registrado um índice de 194,70mm, isso demonstra que, a referida área apresenta menor índice de cobertura da vegetação. A pesar do solo exposto ocupar 9,74%, a vegetação rala representa 68,29%, a vegetação semidensa 6,61%, vegetação densa apresenta índice de 15,36%, onde esta última destaca-se regiões de altas declividades.

Tabela 3. Classes de vegetação da área total ocupada para o ano de 1995

| Classes | Área (km²) | Área (%) |
|---------------------|------------------------------|-----------------|
| Solo Exposto | 72,56 | 9,74 |
| Vegetação Rala | 508,76 | 68,29 |
| Vegetação Semidensa | 49,24 | 6,61 |
| Vegetação Densa | 114,43 | 15,36 |
| Total | 745,00 | 100,00 |

Na Tabela 4 observa-se o comportamento do uso e ocupação para o ano de 2005 para a área de estudo. Neste período estudado a precipitação ocorrida é de 771,30mm, o índice de precipitação registrado no mês de março é de 384,30mm, isso demonstra que, a referida área apresenta melhor índice de cobertura da vegetação em relação ao período anterior estudado de 1995.

A seguir apresenta-se os índices de cobertura vegetal no período, observando que, a área ocupada por solo exposto corresponde a 19,13%, a vegetação rala representa 18,26%, a vegetação semidensa 46,10%, vegetação densa apresenta índice de 16,51%, onde esta última destaca-se regiões de altas declividades.

Tabela 3. Classes de vegetação da área total ocupada para o ano de 2005

| Classes | Área (km²) | Área (%) |
|---------------------|------------------------------|-----------------|
| Solo Exposto | 142,52 | 19,13 |
| Vegetação Rala | 136,04 | 18,26 |
| Vegetação Semidensa | 343,45 | 46,10 |
| Vegetação Densa | 123,00 | 16,51 |
| Total | 745,00 | 100,00 |

A partir dos resultados obtidos para os cálculos das áreas em cada ano estudado, observa-se que, no período de 10 anos, a área ocupada por solo exposto sofreu aumento de 51% passando de 72,56 km² para 142,52 km², de maneira que, a vegetação densa não sofreu alteração significativa, uma vez que, as mesmas ocupam áreas de altas declividades.

Conclusão

A utilização de um sistema de informações geográficas para realizar o processamento do NDVI derivado de imagens de satélite, permitiu avaliar o processo de avanço na área com diversos fins, através da análise da cobertura vegetal nativa, na bacia hidrográfica do rio Farinha, e qualificar o avanço deste processo ao longo de 10 anos, compreendidos entre 1995 e 2005. A utilização das imagens LANDSAT 5/TM se configurou como plenamente satisfatória para a obtenção dos resultados esperados na produção do NDVI.

Foi possível, também, avaliar a evolução do processo de degradação da vegetação ao quantificar as áreas mapeadas nos dois momentos selecionados, permitindo assim verificar o avanço da atividade humana sobre a vegetação nativa na bacia, principalmente pela evolução do índice de solo exposto, o qual teve aumento de 51%.

Recomenda-se reconhecimento de campo para verificar as possíveis causas desse processo, bem como identificar as principais atividades exploradas, caso existam.

Referências Bibliográficas

- ACCIOLY, L. J. O.; COSTA T. C. C.; OLIVEIRA M. A. J.; SILVA, F. H. B. B.; BURGOS, N. O papel do sensoriamento remoto na avaliação e no monitoramento dos processos de desertificação do semiárido brasileiro. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 1, 2002, Aracaju. Anais...Aracaju, 2002.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. INPE, São José dos Campos, 2001. 345p.
- CÂMARA, G.; SOUSA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modeling. Computers & Graphics, v.20, n.3, p.395-403, 1996.


- CARVALHO, C. M.; ALMEIDA-FILHO, R. Uso de imagens LANDSAT-TM para avaliar a extensão da desertificação na região de Gilbués, sul do estado do Piauí. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. Anais...São José dos Campos: INPE, 2007. p.4365-4372.
- COSTA, T. C. C.; ACCIOLY, L. J. O.; OLIVEIRA, M. A. J.; BURGOS, N.; SILVA, F. H. B. Phytomass mapping of the Seridó Caatinga vegetation by the plant area and the Normalized Difference Vegetation Indexes. *Scientia Agricola*, v.59, n.4, p.707-715, 2002.
- CUNHA, E. M.; SANTOS, E. A.; PEZZOPANE, J. E. M. BARBOSA, V. S.; SILVA, G. F. da. Caracterização da radiação solar fotossinteticamente ativa em fragmento de floresta estacional semidecidual na bacia do rio Itapemirim, ES. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 14, 2005, Campinas. Anais...Campinas: SBAGro, 2005. CD-ROM.
- EPIPHANIO, J. C. N. Satélites de Sensoriamento Remoto. In: MORAES, E. C.; ÁVILA, J. (Org.). Curso de Uso de Sensoriamento Remoto no Estudo do Meio Ambiente. São José dos Campos, INPE, 2002. (INPE-8984-PUD/62).
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. Remote Sensing and Image Interpretation. New York: J. Willey, 1994. 750p.
- LISBOA, F. D. S. Uso de geotecnologias na caracterização físico-ambientais da sub-bacia hidrográfica do rio Farinha–PB. 57f. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2016.
- MATALLO JUNIOR, H. Indicadores de desertificação: Histórico e perspectivas. Brasília, UNESCO, 2001. 80p.
- MATOS, D. A. de; SANTOS, C. N.; SILVA, R. M. da; CARAPIÁ, V. R.; FRANÇA, G. B. Análise da resposta de índices de susceptibilidade a incêndios florestais aos parâmetros atmosféricos e da vegetação. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 14, 2005, Campinas. Anais... Campinas: SBAGro, 2005. CD-ROM.
- PINTO, R. M. S.; CARVALHO, V. C.; ALVALÁ, R. C. S. Mapas de variabilidade temporal do uso e cobertura da terra do núcleo de desertificação de Irauçuba (CE) para utilização em modelos meteorológicos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. Anais... Natal: INPE, 2009, p.6077-6083.

CAPÍTULO II

A PRECIPITAÇÃO NA MESORREGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM: USO DE SENSORIAMENTO REMOTO E PRODUTOS OBSERVADOS


Marcos Ronielly da Silva Santos

Pós-doutorando, UFPA/PPGEO/Campus Belém, mronielly.mr@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1959-1424>


Maria Isabel Vitorino

Professora Adjunta, UFPA/PPGCA/Campus Belém, vitorino@ufpa.br

 <https://orcid.org/0000-0003-3253-5301>


Milena de Nazaré Santos Quaresma

Doutoranda, UFPA/PPGEO/Campus Belém, milenix30@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-3732-4722>

Davi Rodrigues Rabelo

Doutorando, UECE/PPGEO/Campus Itaperi, dv_rr@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5449-6326>

Introdução

O clima na região amazônica apresenta uma particularidade intrínseca, no que tange a presença de um amplo espectro da variação temporal e espacial da atividade convectiva tropical, onde a precipitação, se torna a variável climáticas mais importante e pesquisada na região, pois induz outros elementos climáticos como: umidade, temperatura, escoamento superficial etc. (ALBUQUERQUE et al., 2010). A convecção tropical é a principal característica do clima sobre a região amazônica, sendo modulada por diversas interações atmosféricas de grande escala, incluindo a circulação de Hadley e Walker, oscilação intrasazonal de 40-60 dias e a Zona de Convergência Intertropical (OLIVEIRA & NOBRE, 1986).

A precipitação na amazônica ocorre predominantemente no verão do hemisfério sul, influenciada por sistemas de diferentes escalas espaço-temporal, entre eles pode-se destacar a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Linhas de Instabilidades (LI's) e os Sistema Convectivo de Mesoescala Circular (SCMC) que interagem e

provocam grande quantidade de chuva (SODRÉ et al., 2015; MOLION, 1987). O período chuvoso na Amazônia é comandado pela ZCIT, que resulta da convergência dos ventos alísios de nordeste e sudeste e é caracterizada por intensas precipitações e ventos fracos (VIANELLO & ALVES, 1991).

Considerando que a área de estudo, apresenta elevado índice de precipitação podendo provocar inundações, buscou-se utilizar métodos mais adequados que fossem capazes de analisar e subsidiar os estudos sobre a distribuição local da chuva, pois as pesquisas atuais da precipitação são apenas baseadas em pluviômetros que são insuficientes frente à vasta extensão territorial do estado do Pará (MORAES et al., 2005). Outro fator importante que deve ser considerado é que a precipitação induzida pela brisa fluvial em direção ao interior do continente não está sendo contabilizada nas medições dos pluviômetros das estações automáticas nem das convencionais (COHEN et al., 2014), por isto a importância de utilizar outras fontes de dados (SANTOS et al., 2017).

Neste contexto, a fim de superar algumas das limitações sobre medições de precipitação em superfície, os dados de precipitação baseadas em técnicas de sensoriamento remoto fornecem uma fonte alternativa promissora (ZAMBRANO-BIGIARINI et al., 2017). Os dados de sensoriamento remoto são amplamente utilizados em pesquisas para regiões em diversas parte do mundo, com particularidades na região amazônica (MALTHUS & MUMBY, 2003; CAVALCANTE et al., 2020). Estudos apontam a aplicação por detecção remota como uma ferramenta eficaz, em observar e avaliar os processos oceânicos, meteorológicos e continentais, principalmente em áreas com ausência de dados de superfície ou em grandes extensões (TOMLINSON et al., 2011).

A pesquisa propõe a utilização da técnica do CPC MORPHing (CMORPH), que consiste numa estimativa de precipitação, dada pela leitura de micro-ondas passivas por satélite geostacionário - esses dados são estimados e especializados sob áreas que não possuem estações e/ou pluviômetros de medição superficial. O uso da chuva estimada por satélite é bastante utilizado como dado de entrada para modelos hidrológicos, sendo uma alternativa para fornecer previsões de vazões em bacias com monitoramento de superfície esparsa e/ou de baixa qualidade (JOYCE et al., 2004; ARAUJO & GUETTE, 2007).

A mesorregião metropolitana de Belém apresenta uma população de aproximadamente três (3) milhões de habitantes, registrando-se neste subespaço encontra-se as mais altas taxas de ocupação humana na Amazônia dos últimos 20 anos (BRASIL, 2015). Belém é a capital do estado do Pará, e apresenta uma média anual de 3.001 mm de chuva, com uma variação de 300 a 450mm durante os meses do período chuvoso, se caracterizando como uma das regiões mais chuvosas da Amazônia (SODRÉ & RODRIGUES, 2013).

Neste cenário a pesquisa tem como objetivo de analisar o quantitativo da precipitação na mesorregião metropolitana de Belém, num período de onze anos, comparando uma técnica do sensoriamento remoto com os dados obtidos em estações meteorológicas de superfície, inferindo a sazonalidade regional das chuvas locais. Para isto o estudo investigou os acumulados mensal e anuais dos municípios que compõe a região de estudo.

Material e Métodos

Área de estudo

A pesquisa se concentrou na Mesorregião Metropolitana de Belém (MMB), formada por onze municípios paraenses. A MMB é uma das 16 mesorregiões do Estado do Pará, caracterizada pela maior concentração populacional, urbana e econômica do estado. Os municípios investigados da mesorregião metropolitana de Belém com suas coordenadas geográficas foram Barcarena (-48,7669; -1,5656), Belém (-1.4103; -48.4383), Bujaru (-48,0461; -1,5211), Castanhal (-47,9394; -1,2975) e Santa Isabel do Pará (-48,1708; -1,2964). Esses municípios foram selecionados pois apresentavam dados de estações de superfícies para fins comparativos. Cabe enfatizar também que, cada local tem diferentes características de uso e cobertura da terra, o que pode interferir nas características das chuvas locais, como Barcarena (população: 99.859), Belém (população: 1.393.399), Bujaru (população: 25.695), Castanhal (população: 173.149), e Santa Isabel do Pará (população: 59.466) (BRASIL, 2010) (Figura 1).

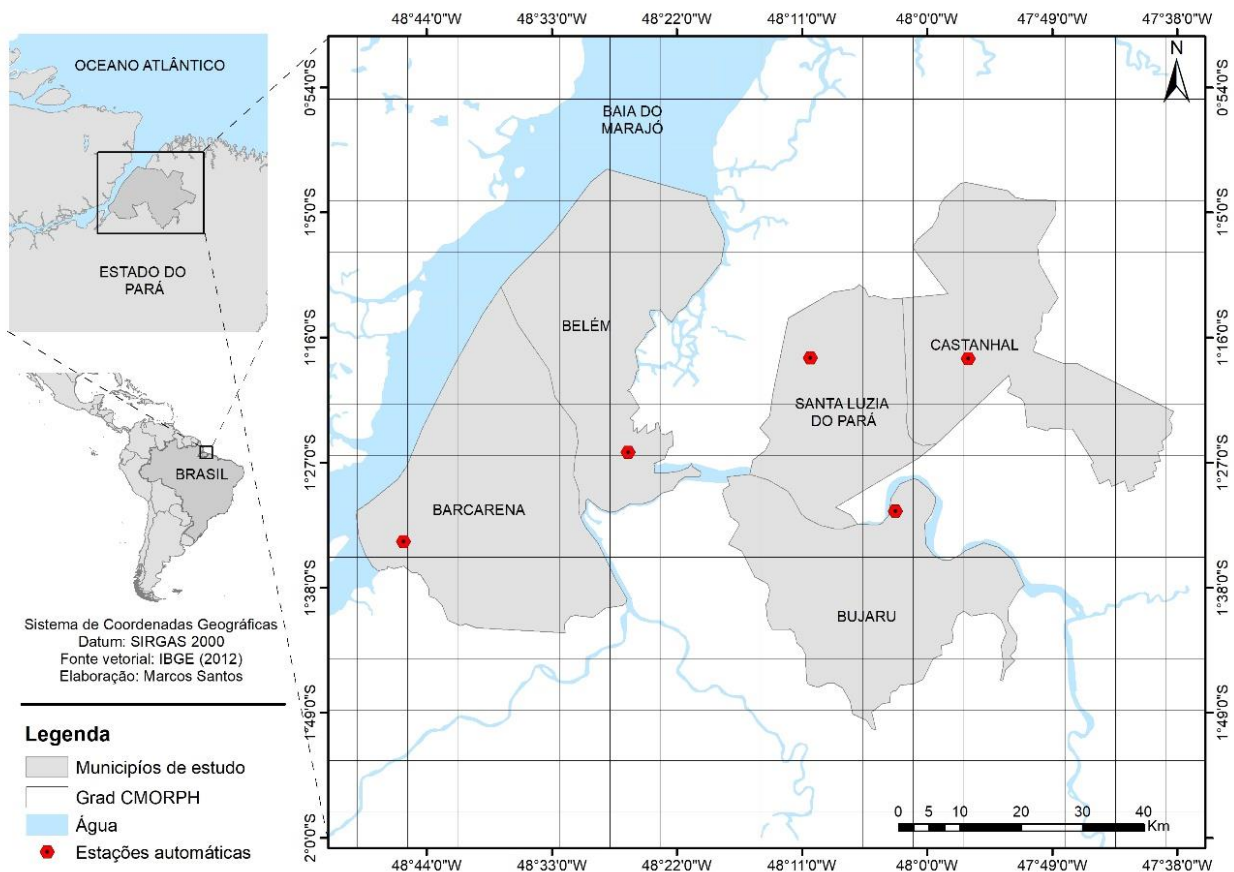


Figura 1. Municípios analisados, com destaque para as estações meteorológicas e dados do CMORPH.

Fonte: adaptado de IBGE (2012).

Dados e metodologia

Os dados utilizados na pesquisa compreendem os meses de janeiro de 2000 a dezembro de 2010, este intervalo de tempo foi utilizado a fim de atender a disponibilidade dos dados de superfície.

Os dados da estação pluviométrica de superfície foram extraídos da Agência Nacional de Águas (ANA) no site: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/> (ANA, 2021).

Os dados de reanálise foram extraídos da técnica CMORPH (CPC MORPHing), onde se estima dados de precipitação em alta resolução espacial de 8 por 8 km e frequente resolução temporal a cada 30 min, obtidos no site: https://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/CMORPH_V1.0/CRT/8km-30min/ (CMORPH, 2021). As séries temporais de precipitação foram analisadas mensalmente e anualmente entre janeiro de 2000 e dezembro de 2010. A correlação foi feita entre os valores médios dos pontos de grade que compreendem os limites territoriais dos municípios e os dados pontuais de superfície dos mesmos municípios.

A metodologia do Center Morphing Method (CMORPH), baseia-se em uma técnica de sensoriamento remoto, que consiste na estimativa de chuva global, seus dados são provenientes de sensores de micro-ondas de satélites geoestacionários em órbita polar, que se propagam no tempo e no espaço por meio de sensores infravermelhos. O método foi selecionado pois: i) permite alta flexibilidade e robustez dos dados oriundos de diversos satélites, ii) é caracterizado por produto utilizado internacionalmente, com dados contínuos no tempo e espaço, iii) validado em pesquisas sobre precipitação na região amazônica, e iv) dados disponíveis de forma gratuita e atualizada para diferentes escalas de tempo e espaço (SILVA SANTOS et al., 2016; SANTOS et al., 2019).

Resultados e Discussão

Município de Barcarena

A Figura 2a demonstra os valores mensais da precipitação para o município de Barcarena, elucidando que os valores do CMORPH são superiores comparados aos registrados pela estação da ANA, com exceção para o mês de abril, onde a estação capta um valor de 392mm, superior ao registrado pelo sensoriamento remoto de 385mm. Os valores mensais de ambas as técnicas apresentam de forma satisfatória a sazonalidade da região, com maiores acumulados de dezembro a maio e menores de junho a novembro de acordo com pesquisas de Santos et al. (2017; 2019). O maior e menor acumulado mensal registrado pelo CMORPH são para os meses de março e novembro com valores de 444 e 58mm, respectivamente. Quando verificado pela estação da ANA o maior e menor valor de acumulado de chuva são para os meses de abril e outubro com valores de 392 e 37mm, respectivamente.

A Figura 2b apresenta o acumulado anual para o período de estudo (2000 a 2010), verifica-se que os dados do CMORPH são superiores aos dados apresentados pela estação, com exceção do ano de 2009, onde a estação registra um valor de 3.144mm e o sensoriamento remoto de 3.000mm. O CMORPH apresenta o maior e menor valor para os anos de 2000 e 2006 com valores de 4.330 e 2.714mm respectivamente. Para a estação meteorológica o maior e menor valor são durante os anos de 2009 e 2004 com valores de 3.144 e 1.289mm, respectivamente. O elevado valor pluviométrico apresentado no ano de 2009 pela estação, pode representar o ano de La Niña, que de acordo com

estudos de Pereira et al. (2013) para a região costeira do Pará, este ano as chuvas modificaram parâmetros hidrológicos.

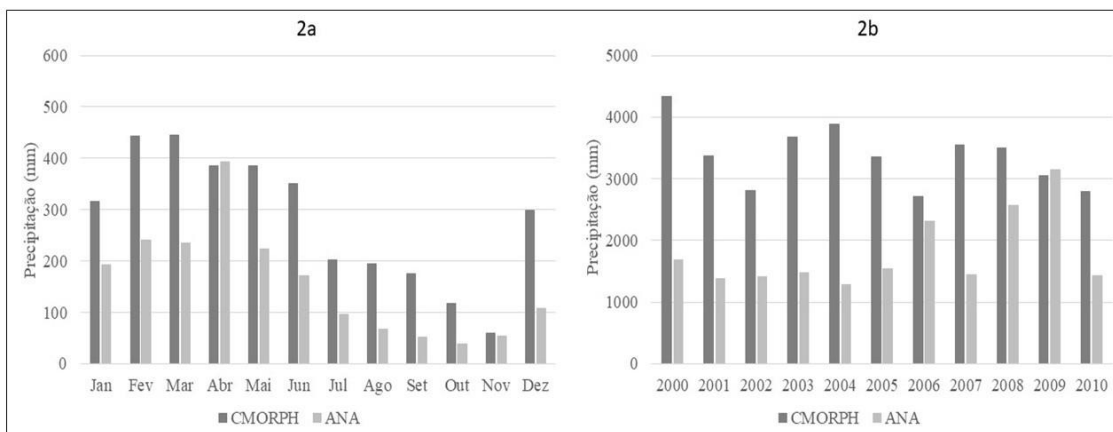


Figura 2. (a) variação do acumulado mensal de precipitação; (b) variação do acumulado anual de precipitação.

Município de Belém

A Figura 3a apresenta os valores mensais da precipitação para o município de Belém, elucidando que os valores do CMORPH são ligeiramente superiores comparados aos registrados pela estação da ANA, valores mais elevados do CMORPH em relação a estação pluviométrica também foram encontrados por Sodré e Rodrigues (2013), com exceção para os meses de março e abril, onde a estação da ANA captou os valores de 469 e 458mm, sendo superior ao registrado pelo sensoriamento remoto CMORPH de 408 e 426mm para os respectivos meses. Esses são os meses de maior pluviosidade na região (AMANAJÁS & BRAGA, 2012).

Os valores mensais de ambas as técnicas apresentam boa similaridade, representando os maiores acumulados nos primeiros meses e menores nos últimos meses. O maior e menor acumulado mensal registrado pelo CMORPH são para os meses de abril e novembro com valores de 426 e 130mm, respectivamente. Quando verificado pela estação da ANA o maior e menor valor de acumulado de chuva são para os meses de março e setembro com valores de 469 e 125mm.

A Figura 3b apresenta o acumulado anual para o período de estudo, onde se verifica que os dados do CMORPH são superiores, mas que na média aparecem iguais ao da estação da ANA. O CMORPH apresenta o maior e menor valor para os anos de 2004 e 2006 com valores de 3.966 e 2.750mm respectivamente. Para a estação meteorológica o maior e menor valor apresentados estão nos anos de 2006 e 2003 com valores de 3.663 e 2.769mm.

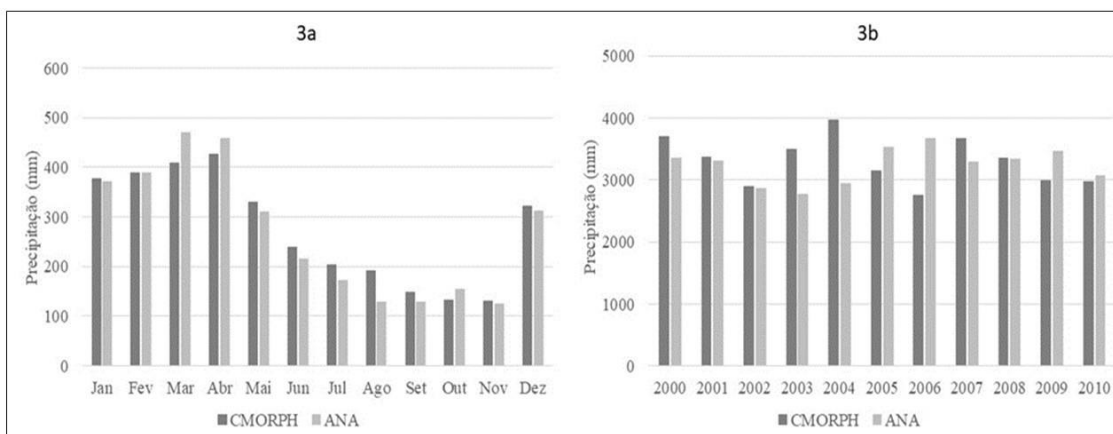


Figura 3. (a) variação do acumulado mensal de precipitação; (b) variação do acumulado anual de precipitação.

Município de Bujaru

Os dados do CMORPH apresentaram o maior valor para o mês de fevereiro com 591mm e o menor valor para o mês de agosto de 137mm. Os meses com os maiores e menores acumulados pluviométricos registrados pela estação da ANA foram fevereiro e setembro, com valores de 315 e 58mm, respectivamente. Na análise mensal verificou-se que os dados do CMORPH superestimam a chuva registrada pela estação, mas que representam a sazonalidade da região com mais chuvas no primeiro semestre e menos no segundo período do ano (SANTOS et al., 2017; FISCH et al., 1998).

A Figura 4b apresenta os valores anuais da precipitação para o município de Bujaru, neste verifica-se que os dados do CMORPH também são superiores aos dados da estação. O CMORPH apresentou o maior acumulado durante o ano de 2007 com 4.600mm e o menor valor no ano de 2009 com 3.209mm. A estação da ANA apresentou o maior registro de chuva no ano 2000 com 2.995mm e menor registro em 2008 com 1.515mm

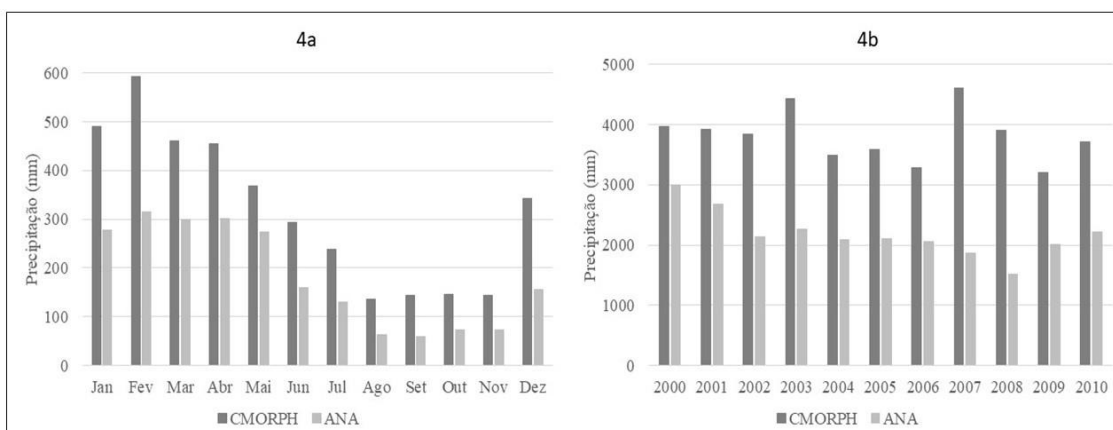


Figura 4. (a) variação do acumulado mensal de precipitação; (b) variação do acumulado anual de precipitação.

Município de Castanhal

Na Figura 5a é apresentada a variabilidade mensal dos acumulados de chuva para o município de Castanhal, verifica-se que os dados do CMORPH são superiores aos dados registrados pela estação da ANA com exceção dos meses de maio, junho, e novembro, quando os dados da estação apresentam maiores acumulados. O CMORPH registrou o maior valor durante o mês de fevereiro com 559mm e o menor em novembro com 58mm. O maior e o menor valores obtidos pela estação foram encontrados nos meses de abril e setembro com 358 e 62mm, respectivamente.

Na análise anual os valores do CMORPH apresentam-se superiores ao da estação para grande quantidade de anos estudados com exceção de 2001 e 2009. O maior valor do acumulado anual apresentado pelo CMORPH foi para o ano de 2007 com 4.310mm e o menor foi registrado para o ano de 2006 com 2.810mm. A estação meteorológica registrou o maior acumulado de chuva durante o ano de 2001 com 4.472mm e o menor no ano de 2007 com 1.908mm. O baixo valor de chuva registrado em 2007 pela estação meteorológica pode ter influência do fenômeno climático EL Niño, conforme registrado pelo CPTEC (2016).

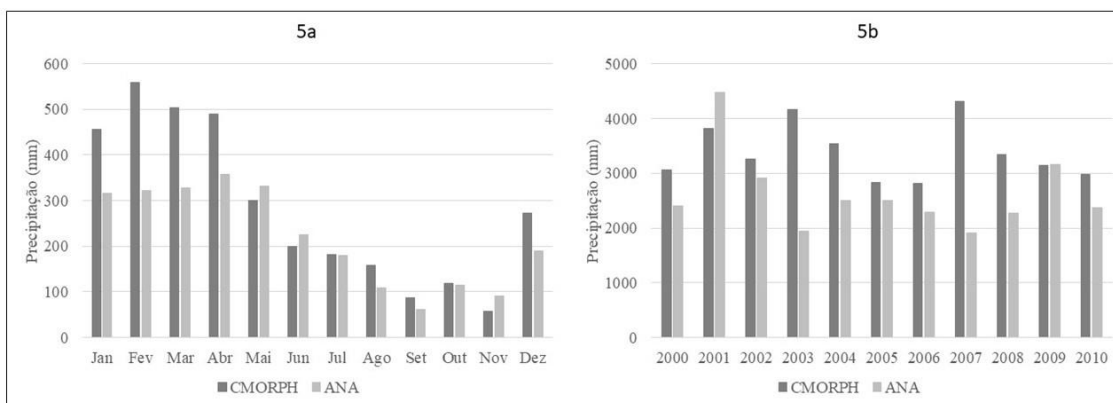


Figura 5. (a) variação do acumulado mensal de precipitação; (b) variação do acumulado anual de precipitação.

Município de Santa Izabel do Pará

A Figura 6a demonstra os valores mensais da precipitação para o município de Santa Isabel do Pará, verifica-se que os valores apresentados pelo CMORPH são superiores aos apresentados pela estação meteorológica da ANA, com exceção dos meses de maio e setembro. O CMORPH apresentou durante o mês de fevereiro o maior acumulado de chuva com 481mm, e o mês de novembro com menor acumulado de 95mm. A estação da ANA, registrou o maior valor durante o mês de abril com 401mm de chuva e o menor acumulado no mês de agosto 93mm de chuva.

Na análise anual verifica-se que os acumulados registrados pelo CMORPH são ligeiramente superiores comparados ao da estação da ANA, com exceção do ano de 2000. O CMORPH registrou o maior acumulado no ano de 2008 com 4.059mm e o menor em 2005 com 2.443mm. O baixo valor pluviométrico apresentado pelo ano de 2005 pelo CMORPH pode ter influência do ano seco para a

região litorânea do estado, conforme corrobora pesquisa de Pereira et al. (2018). A estação da ANA apresentou o ano de 2000 como mais chuvoso (3.959mm) e o ano de 2006 como menos chuvoso (1.881mm).

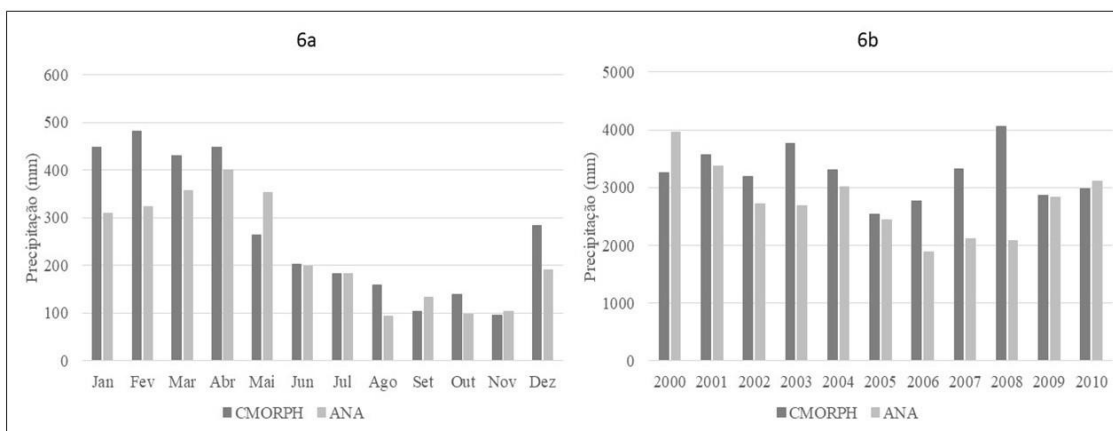


Figura 6. (a) variação do acumulado mensal de precipitação; (b) variação do acumulado anual de precipitação.

Conclusão

Os dados de sensoriamento remoto da técnica CMORPH apresentaram para todos os municípios valores elevados de precipitação em comparação aos dados da estação meteorológica da ANA. Na escala mensal o CMORPH apresentou o mês de fevereiro com os maiores acumulados e o mês de novembro como os menores valores de precipitação. A estação a ANA apresentou os maiores acumulados durante o mês de abril e os menores durante o mês de setembro. Apesar da variação entre os meses com os maiores e menores quantitativos o CMORPH e ANA apresentam de forma satisfatória a sazonalidade regional com os maiores acumulados entre os meses de fevereiro e abril e os menores entre setembro e novembro.

Na escala anual as metodologias empregadas também mostram a variabilidade dos acumulados médios de forma satisfatória. O CMORPH apresentou o maior quantitativo de chuva durante o ano de 2007 e o menor durante o ano de 2006. A estação meteorológica apresentou o maior acumulado durante o ano de 2000 e o menor durante 2004. Apesar da diferença entre os anos com maiores e menores acumulados, ambas metodologias elucidaram de forma direta os anos sob influência do ENOS.

Referências Bibliográficas

ANA. Agencia Nacional de Águas. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: 04 de maio de 2021.

ALBUQUERQUE, M. F.; DE SOUZA, E. B.; DE OLIVEIRA, M. D. C. F.; DE SOUZA JÚNIOR, J. A. Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). Revista Brasileira de Climatologia, v.6, ano.6, p.151-168, 2010.

- AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.27, n.4, p.423-434, 2012.
- ARAÚJO, A. N.; GUETTE, A. K. Validação da chuva estimada por satélite "CMORPH" na modelagem hidrológica do Alto Iguaçu. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.12, n.3, p.189-198, 2007.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 setembro. 2015.
- CAVALCANTE, R. B. L.; DA SILVA FERREIRA, D. B.; PONTES, P. R. M.; TEDESCHI, R. G.; DA COSTA, C. P. W.; DE SOUZA, E. B. Evaluation of extreme rainfall indices from CHIRPS precipitation estimates over the Brazilian Amazonia. *Atmospheric Research*, v.238, e104879, 2020.
- COHEN, J. C. P.; FITZJARRALD, D. R.; D'OLIVEIRA, F. A. F.; SARAIVA, I.; BARBOSA, I. R. D. S.; GANDU, A. W.; KUHN, P. A. Radar-observed spatial and temporal rainfall variability near the Tapajós-Amazon confluence. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.29, ed. esp., p.23-30, 2014.
- CMORPH. Center Morphing Method. Disponível em: https://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/CMORPH_V1.0/CRT/8km-30min/. Acesso em: 21 de abril de 2021.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. CPTEC. Pesquisa dos Dados de Índice de Oscilação Sul (IOS). Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 05 mar. 2016.
- FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazonica*, v.28, n.2, p.101-101, 1998.
- JOYCE, R. J.; JANOWIAK, J. E.; ARKIN, P. A.; XIE, P. CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. *Journal of Hydrometeorology*, v.5, n.3, p.487-503, 2004.
- Malthus, T. J.; Mumby, P. J. Remote sensing of the coastal zone: An overview and priorities for future research. *International Journal of Remote Sensing*, v.24, n.13, p.2805-2815, 2003.
- MOLION, L. C. B. Climatologia Dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.2, n.1, p.107-117, 1987.
- MORAES, B. C. D.; COSTA, J. M. N. D.; COSTA, A. C. L. D.; COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazonica*, v.35, n.2, p.207-214, 2005.
- OLIVEIRA, A. S.; NOBRE, C. A. Interactions between frontal systems in South America and tropical convection over the Amazon. In: *Int. Conf. on Southern Hemisphere Meteorology*, 2, 1986. Anais... 1986. p.56-59.
- PEREIRA, L. C. C.; DA COSTA, Á. K. R.; DA COSTA, R. M.; MAGALHÃES, A.; DE JESUS FLORES-MONTES, M. JIMÉNEZ, J. A. Influence of a drought event on hydrological characteristics of a small estuary on the Amazon mangrove coast. *Estuaries and Coasts*, v.41, n.3, p.676-689, 2018.
- PEREIRA, L. C. C.; DE OLIVEIRA, S. M. O.; DA COSTA, R. M.; DA COSTA, K. G.; VILA-CONCEJO, A. What happens on an equatorial beach on the Amazon coast when La Niña occurs during the rainy season? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v.135, p.116-127, 2013.


- SANTOS, M. R. S.; VITORINO, M. I.; PEREIRA, L. C. C. Spatiotemporal variation in the precipitation of the amazon coastal zone: use of remote sensing and multivariate analysis. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.25, p.35-53, 2019.
- SANTOS, M. R. S.; VITORINO, M. I.; DA SILVA PIMENTEL, M. A.; DE OLIVEIRA SOUTO, J. I. Análise da Distribuição Espaço-Temporal da Chuva, na mesorregião metropolitana de Belém-Para: contribuições da técnica de sensoriamento remoto. *Caminhos de Geografia*, v.18, n.62, p.49-58, 2017.
- SILVA SANTOS, M. R.; VITORINO, M. I.; BRAGA, C. C.; DE OLIVEIRA SOUTO, J. I.; DO NASCIMENTO MOURA, M.; JÚNIOR, P. P. F. Padrões de precipitação mensal na mesorregião metropolitana de Belém: uso do CMORPH e componentes principais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.9, n.7, p.2301-2311, 2016.
- SODRÉ, G. R. C.; RODRIGUES, L. L. M. Comparação entre estimativa da precipitação observada pela técnica CMORPH e estações meteorológicas do INMET em diferentes regiões do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.6, n.2, p.301-307, 2013.
- SODRÉ, G. R. C.; VITORINO, M. I.; COHEN, J. C. P.; MORAES, B. C. Estudo observacional da convecção de mesoescala em diferentes superfícies no estado do Pará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, p.45-55, 2015.
- TOMLINSON, C. J.; CHAPMAN, L.; THORNES, J. E.; BAKER, C. Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: a review. *Meteorological Applications*, v.18, n.3, p.296-306, 2011.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. *Meteorologia e aplicações*. Viçosa: UFV, 1991. 449p.
- ZAMBRANO-BIGIARINI, M.; NAUDITT, A.; BIRKEL, C.; VERBIST, K.; RIBBE, L. Temporal and spatial evaluation of satellite-based rainfall estimates across the complex topographical and climatic gradients of Chile. *Hydrology and Earth System Sciences*, v.21, n.2, p.1295, 2017.

CAPÍTULO III

INFLUÊNCIA DE BIOCARVÃO NA EMERGÊNCIA DE SEMENTES DE MELÃO


Laysa Gabryella de Souza Laurentino

Mestranda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, laysaagabryella@live.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7852-0052>


Lúcia Helena Garófalo Chaves

Dra. Profa. Titular, UFCG, Campina Grande-PB, lhgarofalo@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9905-2315>


Antônio Ramos Cavalcante

Doutorando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, antonioledade@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2591-9649>


Jean Pereira Guimarães

Doutorando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, jean.p.guimaraes@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2615-9832>

Felipe Guedes de Souza

Doutorando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, felipeguedes.eng@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2861-0287>

Introdução

O melão (*Cucumis melo* L.), hortaliça fruto, pertencente à família Curcubitaceae, apresenta ampla aceitação no Brasil e no mundo (YASIR et al., 2016). Em 2019, o Brasil produziu mais de 41 milhões de toneladas de frutos, sendo a região Nordeste responsável por mais de 95% dessa produção nacional, com os Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte os principais produtores, contribuindo com cerca de 80% do total regional (IBGE, 2020).

O sucesso no processo de produção de hortaliças depende de diversos fatores, sendo essencial a produção de mudas de qualidade caracterizadas pela sua sanidade, adequado desenvolvimento da parte aérea e radicular, rápido estabelecimento da cultura a campo e, vantagem competitiva durante seu desenvolvimento (FAYAD et al., 2015). Dessa forma, na etapa de produção de mudas, é fundamental a escolha de um substrato com características físicas e químicas que favoreçam a emergência e o desenvolvimento inicial da espécie a ser cultivada (CAVALCANTI et al., 2019).

Dentre os materiais que apresentam potencial para serem utilizados como substrato na produção de mudas podemos citar o biocarvão, produto derivado do processo endotérmico de conversão termoquímica de materiais orgânicos, de origem vegetal ou animal, denominado pirólise,

por meio do qual os materiais são aquecidos (> 250°C) em um ambiente com pouco ou nenhum oxigênio (ANTAL & GRØNLI 2003). Segundo Lehmann (2007), a temperatura ideal para obter biocarvão de boa qualidade fica em torno de 450 a 550°C.

O uso do biocarvão como aditivo no solo é usado como corretivo do solo que pode favorecer a imobilização de metais, principalmente em solos ácidos, e/ou corrigir acidez do solo devido ao caráter alcalino na grande maioria dos biocarvões (CHAN et al., 2008). Também pode promover uma maior capacidade de reter e liberar nutrientes, característica que está relacionada à presença de grupos funcionais oxigenados e responsáveis pela existência de sítios de troca; como também, proporciona armazenamento dos nutrientes a longo prazo melhorando, assim, a fertilidade dos solos. Da mesma forma, a aplicação de biocarvão pode aumentar a retenção de água no solo devido à sua grande área de superfície (LEHMANN, 2007) e assim, o crescimento das plantas é estimulado. No entanto, biocarvões podem conter compostos indesejáveis, como sílica cristalina, dioxina, hidrocarbonetos poliaromáticos (PAHs), compostos fenólicos e metais pesados que são prejudiciais às plantas, micróbios e aos humanos (CAO et al., 2009). Alguns compostos em biocarvões têm o potencial de inibir ou estimular a germinação de sementes e o crescimento de mudas.

Conforme Bamberg et al. (1986), o carvão ativado (tratado a vapor) aumentou a germinação de sementes de batata, enquanto Van Zwieten et al. (2010) mostraram que a germinação de sementes de trigo foi aumentada com uma única dose (10 t/ha) de biocarvão de fábrica de papel. Em contraste, Free et al. (2010) relataram que a germinação e o crescimento inicial da semente de milho não foram significativamente afetados por biocarvões feitos de uma variedade de fontes orgânicas.

Nesse intuito, objetiva-se com o presente trabalho avaliar a influência de doses de biocarvão de cama de aviário e o seu efeito residual na emergência de sementes de diferentes variedades de meloeiro.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em ambiente protegido da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola pertencente a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizada em Campina Grande/PB. Amostras de solo caracterizadas química e fisicamente, segundo Teixeira et al. (2017), apresentaram os seguintes atributos: pH (H₂O) = 5,75; CEes = 0,16 dS m⁻¹; Ca = 1,56 cmolc kg⁻¹; Mg = 1,18 cmolc kg⁻¹; Na = 0,06 cmolc kg⁻¹; K = 0,26 cmolc kg⁻¹; H = 1,27 cmolc kg⁻¹; matéria orgânica = 14,8 g kg⁻¹; P = 4,9 mg kg⁻¹; argila = 158,5; silte = 120,7 e areia = 720,8 g kg⁻¹.

O biocarvão utilizado foi produzido ao longo de um processo de pirólise quando a cama de aviário foi submetida à decomposição térmica a uma temperatura de 450°C, na ausência de oxigênio, pela empresa SPPT Pesquisas Tecnológicas LTDA (Mogi Mirim-SP). O resíduo utilizado no experimento foi escolhido pela alta disponibilidade na região e no Brasil e seu baixo custo. Após a produção, as amostras de biocarvão foram analisadas quimicamente de acordo com o Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos (BRASIL, 2014). Conforme essas análises, o

biocarvão utilizado apresentou a seguinte composição: pH (H₂O) = 9,45; N = 3,45%; P = 7,78%; K = 4,90%; Ca = 6,83%; Mg = 1,34%; S = 0,76%; Fe = 0,46%; Cu = 0,04%; Zn = 0,08%; Mn = 0,09%; B = 0,01%; carbono orgânico = 39,77%; matéria orgânica = 68,56%; C/N = 11,53%; e CTC = 388,90 mmolc/kg.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 2, referente a seis doses de biocarvão (D0 = 0, D4 = 4, D8 = 8, D12 = 12, D16 = 16 e D20 = 20 t ha⁻¹, correspondentes a 0, 10, 20, 30, 40 e 50 g de biocarvão por quilo de solo) e duas variedades de melão com 4 repetições.

Para montagem das unidades experimentais, constituídas por sacos plásticos de polietileno (15 x 28 cm) com furos para a drenagem de água, foi realizada a uniformização da granulometria de todo o material (solo, vermiculita e biocarvão) por peneiramento com malha de 2mm para separar o material grosseiro remanescente. As mesmas foram instaladas a partir da mistura solo e vermiculita na proporção 10:1 (1.100g de solo: 110 g de vermiculita), acrescentado pelas doses crescentes de biocarvão e deixadas em incubação por um período de 90 dias mantendo a umidade do solo próximo a capacidade de campo. Após este período, a semeadura do meloeiro (*Cucumis Melo* L.), considerando duas variedades: Amarelo e Hales Best Jumbo, foi realizada colocando-se em cada unidade experimental quatro sementes distribuídas equidistantemente na profundidade de 2 cm do solo.

Devido o interesse em verificar a emergência das sementes de meloeiro sob influência de diferentes doses de biocarvão residual, após a colheita e avaliações do primeiro cultivo, foi realizado um segundo plantio da cultura. O delineamento utilizado foi o mesmo do primeiro cultivo, assim como todo o manejo dado a cultura.

Os dois cultivos foram acompanhados diariamente para verificação da emergência, a partir do dia em que a primeira plântula emergiu, contando-se diariamente o número de plântulas até o momento da estabilização da emergência. Os dados do número de plântulas emergidas foram empregados na obtenção da porcentagem de plântulas emergidas (PE) (Equação 1) de acordo com a equação elaborada por Labouriau e Valadares (1976), e índice de velocidade da emergência de plântulas (IVE) que foi determinado pela soma do número de plântulas normais que emergiram diariamente dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a emergência (Equação 2), de acordo com a fórmula de Maguire (1962).

$$PE(\%) = \left(\frac{N}{N_s}\right) * 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: PE = porcentagem de emergência; N = número total de plântulas emergidas; N_s = número total de sementes semeadas.

$$IVE = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde: IVE = Índice de velocidade de emergência; N = número de sementes emergidas e computadas da primeira à última contagem; D = número de dias da semeadura da primeira à última contagem.

Para as variáveis analisadas, os resultados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade (Cochran e Bartlett), e ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). Quando verificado efeito significativo, utilizou-se análise de regressão polinomial para doses de biocarvão pelo teste de T-student ($p < 0,05$) com o auxílio do aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

Os fatores doses de biocarvão e variedades de meloeiro foram significativos isoladamente para índice de velocidade de emergência (Tabela 1). Os dados para a porcentagem de emergência das plântulas não seguiram as pressuposições dos testes para serem submetidos à ANOVA, portanto, as médias foram comparadas pela estatística não paramétrica de Kruskal e Wallis (FERREIRA, 2011). No entanto, não apresentou respostas significativas.

Tabela 1. Análise de variância para índice de velocidade de emergência (IVE) das variedades de meloeiro sob doses de biocarvão

| Fonte de Variação | Quadrado médio |
|-------------------|--------------------|
| | IVE |
| Dose (D) | 0,37* |
| Variedade (V) | 0,41 ^{ns} |
| D x V | 0,16 ^{ns} |
| Resíduo | 0,12 |
| CV (%) | 35,66 |
| Média | 0,96 |

*, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, e ^{ns} não significativo pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

Segundo Novak et al. (2009), quando a adição de biocarvão ao solo melhora a fertilidade, aumentando o pH do solo, o carbono orgânico do solo, Ca, K, Mg e P, isto supera os efeitos inibitórios das taxas mais altas de aplicação de biocarvão na germinação de sementes. Já foi observado que em solos com alta fertilidade a adição de biocarvão ao solo não interfere na germinação.

A emergência das sementes de meloeiro no primeiro ciclo, com menos de quinze dias, em função do biocarvão, é apresentada na Figura 1.



Figura 1. Emergência de sementes de meloeiro no primeiro ciclo.

Solaiman et al. (2012), utilizando vários tipos de biocarvão, observaram que a germinação de sementes de trigo com 10 t ha^{-1} de alguns tipos de biocarvão, aumentaram de 9 a 4%, já outros biocarvões não influenciaram na germinação. Segundo Rogovska et al. (2011), suspeita-se que a pirólise do biocarvão produzido em alta temperatura aumenta a quantidade ou disponibilidade de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no biocarvão os quais têm consequências ambientais e agronômicas negativas.

Para o IVE, as doses de biocarvão proporcionaram um modelo quadrático cujo ponto de máximo estimado foi de 1,24 plântulas/dia com a dose de $9,38 \text{ t ha}^{-1}$ de biocarvão, a qual possibilita uma emergência antecipada, em comparação as demais doses testadas, o que é vantajoso sob o ponto de vista técnico. Martins et al. (1999) afirmam que, quanto mais tempo a plântula demorar em emergir do substrato, mais susceptível estará às condições adversas do meio. A variável atingiu valores inferiores quando as plântulas foram submetidas a dose de 20 t ha^{-1} , com IVE estimado em 0,787 plântulas/dia, sendo observado uma redução de 11,27% entre a menor e a maior dose de biocarvão aplicada ao solo (Figura 2). Esses resultados divergem com os encontrados por Cavalcante et al. (2012), que verificaram um incremento na emergência, bem como no índice de velocidade de emergência de mudas de maracujazeiro em conformidade com o aumento da proporção de biocarvão na composição do substrato.

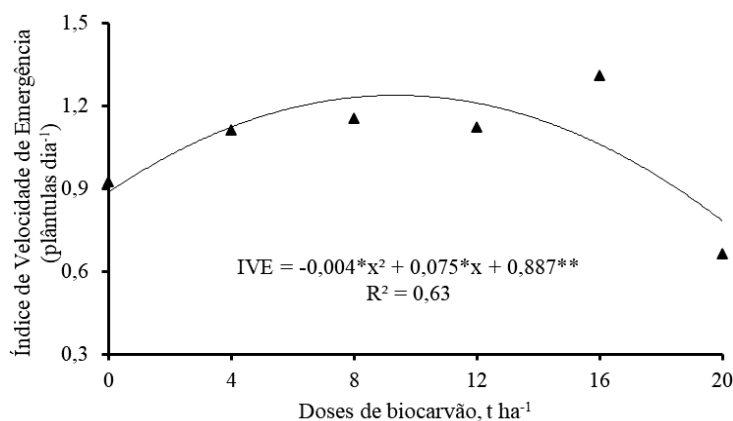


Figura 2. Índice de velocidade de emergência em função do efeito isolado de dose de biocarvão.

Taiz e Zaiger (2013), alegam que com o aumento da salinidade, o desenvolvimento da plântula é afetado devido ao efeito osmótico, afetando a embebição e seu estabelecimento. Sendo assim, percebe-se que, com o aumento das doses de biocarvão e, conseqüente aumento da concentração de sais, ocorreu a redução no potencial osmótico do substrato, diminuindo a disponibilidade de água para embebição das sementes. Fato observado por Oliveira et al. (2014), testando diferentes potenciais osmóticos na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de milho doce. Os autores verificaram que a redução do potencial osmótico, em decorrência do aumento da concentração salina, resultou no acréscimo do número de dias para a germinação e em aumento na ocorrência de plântulas anormais e de sementes mortas.

Aragão et al. (2009), afirmam que o aumento da salinidade prejudica diretamente o desenvolvimento das plantas de meloeiro em todas as fases do crescimento e de forma diferenciada, sendo a maioria das cultivares mais sensíveis durante a fase de plântula.

Resultados distintos dos observados no presente trabalho, foram constatados por Pelizza et al. (2013), que ao avaliar o desempenho do melão Amarelo sob diferentes substratos, encontraram IVE entre 4,43 e 6,86, valores bem acima quando comparados ao deste estudo, em que os valores variaram entre 0,79 e 1,24. Os autores encontraram melhores resultados ao utilizarem o substrato Húmus Fértil®, sendo que, este se igualou ao dos substratos vermicomposto bovino puro e vermicomposto bovino 75% mais casca de arroz carbonizada 25%; provavelmente esses substratos possibilitaram condições de umidade e temperatura favoráveis para a emergência das sementes, pois, de acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), a água desempenha influência sobre o processo germinativo e sua absorção promove o aumento de volume da semente, ocorrendo assim o rompimento do tegumento, o que, por conseqüência, provoca a emergência da radícula e do caulículo.

A emergência das sementes de meloeiro, no segundo ciclo, com menos de quinze dias, em função do biocarvão residual (Figura 3).



Figura 3. Emergência de sementes de meloeiro no segundo ciclo.

Na análise da emergência das sementes de meloeiro sob doses de biocarvão residual, os fatores doses de biocarvão e variedades de meloeiro foram significativos isoladamente para índice de velocidade de emergência (Tabela 2). Os dados para a porcentagem de emergência das plântulas não seguiram as pressuposições dos testes para serem submetidos à ANOVA, portanto, as médias foram comparadas pela estatística não paramétrica de Kruskal e Wallis (FERREIRA, 2011). No entanto, não apresentou respostas significativas.

Tabela 2. Análise de variância para índice de velocidade de emergência (IVE) das variedades de meloeiro sob doses de biocarvão residual

| Fonte de Variação | Quadrado médio IVE |
|-------------------|-----------------------|
| Dose (D) | 0,46* |
| Variedade (V) | 0,07 ^{ns} |
| D x V | 0,23 ^{ns} |
| Resíduo | 0,12 |
| CV (%) | 29,33 |
| Média | 1,16 |

*, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

O vigor das sementes durante o segundo ciclo da cultura representado pelo índice de velocidade de emergência (IVE), teve os dados ajustados ao modelo polinomial quadrático com as doses de biocarvão, com valor máximo de 1,47 plântulas/dia no tratamento controle e 1,33 plântulas/dia na dose máxima, não apresentando diferença em relação a ambos os tratamentos (Figura 4). Esses índices também foram quantitativamente menores à variação de 4,43 – 6,86 apresentados por Pelizza et al. (2013) trabalhando com melão amarelo plantado em cinco substratos diferentes. Silva et al. (2019), avaliando o efeito do biocarvão produzido a partir de serragem de eucalipto no crescimento de mudas de alface cv. Grandes Lagos, observaram que percentagem de emergência (%E) e o índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de alface não sofreram influência da presença do biocarvão ao serem comparados ao substrato comercial (BPL).

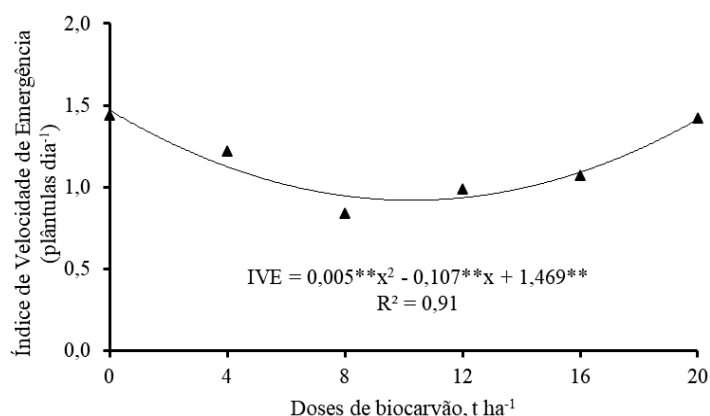


Figura 4. Índice de velocidade de emergência em função do efeito isolado de dose de biocarvão residual.

Alterações do solo, ocasionada pela adição de biocarvão, podem afetar várias propriedades do solo e influenciar, por exemplo, na capacidade de retenção de água, quantidade de água disponível para a planta e permeabilidade de água, que por consequência podem influenciar os parâmetros de germinação, %PE e IVE (BOHARA et al., 2019; NORINI et al., 2019). Em estudos realizados por Chiapinotto et al. (2021), a fim de determinar o efeito de diferentes proporções de cama de aviário adicionada ao substrato comercial para a produção de mudas de melancia, foi observado que para o IVE, o aumento da proporção da cama de aviário no substrato comercial, aumentou o número de dias necessários para a germinação, podendo estar associado à maior capacidade de retenção de água nos tratamentos com maiores proporções do material orgânico.

A maior velocidade de emergência é uma característica descrita por Batista et al. (2015), como fundamental para a produção de mudas, proporcionando germinação rápida e homogênea, que permitem a formação antecipada das mudas e condições de tolerância a estresses ambientais (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

A avaliação da emergência é de suma importância, já que deficiências neste quesito geralmente acarretam redução do rendimento operacional do processo de produção de mudas. O desempenho das

sementes, logo após a semeadura, pode provocar ainda efeitos diretos sobre a produção final, especialmente quando há redução significativa da porcentagem de emergência das plântulas (MARCOS FILHO, 2005).

Na comparação entre os dois cultivos, é possível observar aumento no IVE em determinadas doses, estando provavelmente associado ao efeito residual da adubação orgânica que foi adicionada em todos os tratamentos do presente estudo. Dessa forma, a utilização de composto orgânico não só supriu as plantas com quantidades consideráveis de nutrientes, mas contribuiu para a manutenção da fertilidade natural, processo esse que envolve a mineralização da matéria orgânica por ação de microrganismos (ZÁRATE & VIEIRA, 2018). No entanto, é importante frisar que as variações nas taxas de germinação não são ocasionadas exclusivamente pelo efeito do substrato (tipo e doses aplicadas ao solo), que no caso do presente estudo é o biocarvão, uma vez que, o processo germinativo das sementes ocorre através da combinação de vários outros fatores, como estado nutricional do solo, condições edafoclimáticas, temperatura, suprimento de água e oxigênio, vigor e qualidade do lote de sementes (FERREIRA & BORGHETTI, 2004).

Conclusão

O biocarvão de cama de aviário não afetou a porcentagem de germinação de sementes de melão.

O índice de velocidade de emergência estimado, na primeira semeadura, foi 1,24 plântulas/dia com a dose de 9,4 t ha⁻¹ de biocarvão de cama de aviário.

Na segunda semeadura, com efeito do biocarvão residual, os índices de velocidade de emergência estimados foram maiores do que da primeira semeadura, variando de 1,47 plântulas/dia no tratamento controle e 1,33 plântulas/dia na dose máxima, 20 t ha⁻¹ de biocarvão de cama de aviário.

Agradecimentos

A CAPES pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

Referências Bibliográficas

- ANTAL, M. J.; GRØNLI, M. The art, science and technology of charcoal production. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v.42, p.1619–1640, 2003.
- ARAGÃO, C. A.; SANTOS, J. S.; QUEIROZ, S. O. P.; FRANÇA, B. Avaliação de cultivares de melão sob condições de estresse salino. *Revista Caatinga*, v.22, n.2, p.161-169, 2009.
- BAMBERG, J. B.; HANNEMAN, R. E. JR.; TOWILL, L. E. Use of activated charcoal to enhance the germination of botanical seeds of potato. *American Potato Journal*, v.63, p.181–189, 1986.
- BATISTA, T. B.; BINOTTI, F. F. D. S.; CARDOSO, E. D.; BARDIVIESSO, E. M.; COSTA, E. Aspectos fisiológicos e qualidade de mudas da pimenteira em resposta ao vigor e condicionamento das sementes. *Bragantia*, v.74, p.367-373, 2015.

- BRASIL. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ SDA/CGAL, 2014. 220p.
- CAO, X. D.; MA, L. N.; GAO, B.; HARRIS, W. Dairy-manure derived biochar effectively sorbs lead and atrazine. *Environmental Science & Technology*, v.43, p.3285–3291, 2009.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CAVALCANTE, Í. H. L.; PETTER, F. A.; ALBANO, F. G.; DA SILVA, R. R. S.; DA SILVA JÚNIOR, G. B. Biochar no substrato para produção de mudas de maracujazeiro amarelo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, v.111, n.1, p.41-47, 2012.
- CAVALCANTI, S. D. L.; GOMES, N. F.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; DE ASSUNÇÃO MONTENEGRO, A. A. Variação espaço-temporal da temperatura do substrato em bandejas de produção de mudas. *Journal of Neotropical Agriculture*, v.6, n.1, p.66- 73, 2019.
- CHAN, K. Y.; VAN ZWIETEN, L.; MESZAROS, I.; DOWNIE, A.; JOSEPH, S. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research*, v.46, p.437–444, 2008.
- CHIAPINOTTO, I. C.; NESI, C. N.; PADILHA, M. S.; DO PRADO WILDNER, L.; FERRI, D. J.; FICAGNA, P. R.; BARETTA, C. R. D. M. Proporções de cama de aviário na formulação de substrato para produção de mudas de melancia. *Revista Acta Ambiental Catarinense*, v.18, n.1, p.281-294, 2021.
- FAYAD, J.; COMIN, J. J.; BERTOL, I. Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH): Cultivo da moranga híbrida Tetsukabuto. Florianópolis: Epagri, 2015. 54p.
- FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.1039-1042, 2011.
- FREE, H. F.; MCGILL, C. R.; ROWARTH, J. S.; HEDLEY, M. J. The effect of biochars on maize (*Zea mays*) germination. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v.53, p.1-4, 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 fev. 2021.
- LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. In: *Academia Brasileira de Ciências*, 1976, São Paulo. Anais... São Paulo, 1976. p.174-186.
- LEHMANN, J. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v.5, p.381-387, 2007.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v.2, n.2, p.176-77, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M. L. A. Efeito da posição da semente no substrato e no crescimento inicial das plântulas de palmito-vermelho (*Euterpe espirosantensis* Fernandes-Palmae). *Revista Brasileira de Sementes*, v.21, n.1, p.164-173, 1999.


- NOVAK, J. M.; BUSSCHER, W. J.; LAIRD, D. L.; AHMEDNA, M.; WATTS, D. W.; NIANDOU, M. A. S. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. *Soil Science*, v.174, p.105–112, 2009.
- OLIVEIRA, E. A. P.; ZUCARELI, C.; PRETE, C. E. C.; ZAMUNER, D. Potencial osmótico do substrato na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de milho doce. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.9, n.4, p.477-482, 2014.
- PELIZZA, T. R.; SILVEIRA, F. N.; MUNIZ, J.; ECHER, A. H. B.; MORSELLI, T. B. G. A. Production of yellow melon seedlings in different substrates under protected cultivation. *Revista Ceres*, v.60, n.2, p.257-261, 2013.
- ROGOVSKA, N.; LAIRD, D.; CRUSE R. M.; TRABUE, S.; HEATON, E. Germination tests for assessing biochar quality. *Journal of Environmental Quality*, v.41, p.1014-1022, 2011.
- SILVA, L. F. V.; DE MELO, E. I.; GONÇALVES, P. A. S. Biochar de serragem de eucalipto como condicionador de substratos para produção de mudas de alface. *AGRI-Environmental Sciences*, v.5, 2019.
- SOLAIMAN, Z. M.; MURPHY, D. V.; ABBOTT, L. K. Biochars influence seed germination and early growth of seedlings. *Plant Soil*, v.353, p.273–287, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.
- VAN ZWIETEN, L.; KIMBER, S.; MORRIS, S.; CHAN, K. Y.; DOWNIE, A.; RUST, J.; JOSEPH, S.; COWIE, A. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil*, v.27, p.235–246, 2010.
- YASIR, M.; SULTANA, B.; NIGAM, P. S.; OWUSU-APENTEN, R. Antioxidant and genoprotective activity of selected cucurbitaceae seed extracts and LC–ESIMS/MS identification of phenolic components. *Food Chemistry*, v.199, p.307-313, 2016.

CAPÍTULO IV

DETECÇÃO DE MUDANÇAS DA VEGETAÇÃO DE CAATINGA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO PARAÍBA ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO


Paulo Roberto Megna Francisco

Dr. em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5062-5434>


Gypson Dutra Junqueira Ayres

Doutorando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, fgypsond@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1959-1424>


Ezequiel Sóstenes Bezerra Farias

Doutorando em Eng. e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, ezequielsostenes@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5023-760X>


João Miguel de Moraes Neto

Dr. Prof. Titular, UFCG, Campina Grande-PB, j.miguel.moraes@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1299-6488>


Viviane Farias Silva

Dra. Profa. Associada, UFCG, Pombal-PB, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-5891-0328>


Djail Santos

Dr. Prof. Titular, UFPB, Areia-PB, santosdjail@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2207-3115>

Flávio Pereira de Oliveira

Dr. Prof. Adjunto, UFPB, Areia-PB, flavio.oliveira@academico.ufpb.br

 <https://orcid.org/0000-0001-7968-6145>

Introdução

Uma das características marcantes da região semiárida brasileira é a sua grande variabilidade espacial e temporal da precipitação, com totais médios anuais entre 400 a 800mm e uma evaporação que, em anos mais críticos, chega a ultrapassar cinco vezes a altura da precipitação (VAREJÃO-SILVA et al., 1984). Neste ambiente, com um processo desordenado de ocupação territorial que data da época colonial, ocorrem reflexos que se manifestam pela degradação dos seus recursos naturais e que hoje atingem níveis críticos de sustentabilidade, a exemplo de assoreamento dos cursos d'água, menor disponibilidade de água para irrigação e para abastecimento, redução da produtividade agrícola, diminuição da renda líquida dos agricultores e, conseqüentemente, empobrecimento do meio rural, com reflexos danosos para a economia nacional (MANZATTO et al., 1998).

O processo de degradação das terras das regiões áridas, semiáridas e subúmidas do Planeta é chamado, hoje de desertificação, representando uma preocupação mundial, pois atinge mais de 1 bilhão de habitantes, em mais de 100 países, destruindo terras e pondo em risco a sobrevivência das pessoas (PAN-BRASIL, 2005; SOUZA, 2009). A área de estudo, a bacia hidrográfica do Alto Rio Paraíba, é parte das terras da região semiárida brasileira classificadas com nível de desertificação severo (SÁ et al., 2002; PAN-BRASIL, 2005).

A cobertura vegetal vem sendo estudada ao longo de séculos, segundo os mais diferentes níveis de abordagem, que incluem estudos taxonômicos, botânicos, fisiológicos, fitossociológicos e outros. Uma das ciências que mais contribuíram e ainda vem contribuindo e motivando o avanço nos conhecimentos de como a vegetação processa a radiação eletromagnética, é o sensoriamento remoto (PONZONI, 2001; BRANDELERO, 2010).

A utilização de índices de vegetação gerados de imagens de satélites se constitui em ferramentas importantes para o monitoramento das alterações naturais ou produzidas pelo homem nos ecossistemas (FEITOSA et al., 2004). Os índices de vegetação ressaltam o comportamento espectral da vegetação possibilitando distinguir diferentes tipos de uso e de outros alvos da superfície terrestre (MOREIRA, 2005).

Das diversas contribuições do sensoriamento remoto, a detecção qualitativa e quantitativa da vegetação verde é uma das mais importantes. Índices espectrais de imagens são utilizados, visando maximizar as características relacionadas ao dossel verde das plantas e minimizar as interferências de efeitos atmosféricos e da superfície. Desta forma, a diferença nos valores dos pixels entre o período seco e o úmido permite separar o comportamento da fitofisionomia da Caatinga. Para o primeiro período a vegetação com menor biomassa foliar e

para o segundo período, o aumento da atividade fotossintética, é o resultado da maior quantidade de biomassa foliar (OLIVEIRA et al., 2009).

Na caatinga, no período seco, embora não haja atividade fotossintética, a resposta do IVDN se dá devido à absorção da luz vermelha pela interação com os componentes da superfície, vegetação/solo/sombra, como explica Maldonado (2005). Sendo assim, além da diversidade de seus espaços, a variabilidade espacial e temporal da precipitação associada com a rápida resposta da vegetação à disponibilidade de água, torna a interpretação da imagem desse bioma uma tarefa complexa. Trabalhos de monitoramento da vegetação da caatinga mostram uma grande variação estacional de respostas espectrais relacionadas à interação entre disponibilidade de água e atividade fotossintética das plantas (BARBOSA et al., 2011; LIRA et al., 2011; BEZERRA et al., 2012).

A importância do sensoriamento remoto como ferramenta para avaliar os processos de desertificação fica mais evidente quando se verifica que um dos quatro indicadores recomendados pela ONU para avaliar o problema é o índice de vegetação derivado de imagens de satélite, o chamado NDVI - Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (UNITED NATIONS, 2001; MOREIRA, 2004; MENEZES & NETTO, 2001).

Das diversas contribuições do sensoriamento remoto, a detecção qualitativa e quantitativa da vegetação verde é uma das mais importantes. Índices espectrais de imagens são utilizados (Índices de Vegetação - IV), visando maximizar as características relacionadas ao dossel verde das plantas e minimizar as interferências de efeitos atmosférico e da superfície (OLIVEIRA et al., 2009).

Muitos trabalhos vêm procurando monitorar mudanças na cobertura e uso da terra na região semiárida. À medida que aumenta a área de trabalho, aumenta a chance de ocorrer variações temporais e espaciais de umidade, importante fonte de erro nas leituras do IVDN das imagens de satélite (COSTA et al., 2002; MALDONADO, 2005; LOPES et al., 2010; MELO et al., 2011; CUNHA et al., 2012).

Considerando a vegetação, um parâmetro indicador da qualidade ambiental, este trabalho pretende através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, contribuir na avaliação do mapeamento multitemporal da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Alto Rio Paraíba e detectar mudanças ocorridas.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende a bacia Alto Rio Paraíba, com área de 6.717,39 km² localizada sobre o Planalto da Borborema ao centro sul do Estado da Paraíba, divisa ao sul com Pernambuco (PARAÍBA, 2006) (Figura 1).

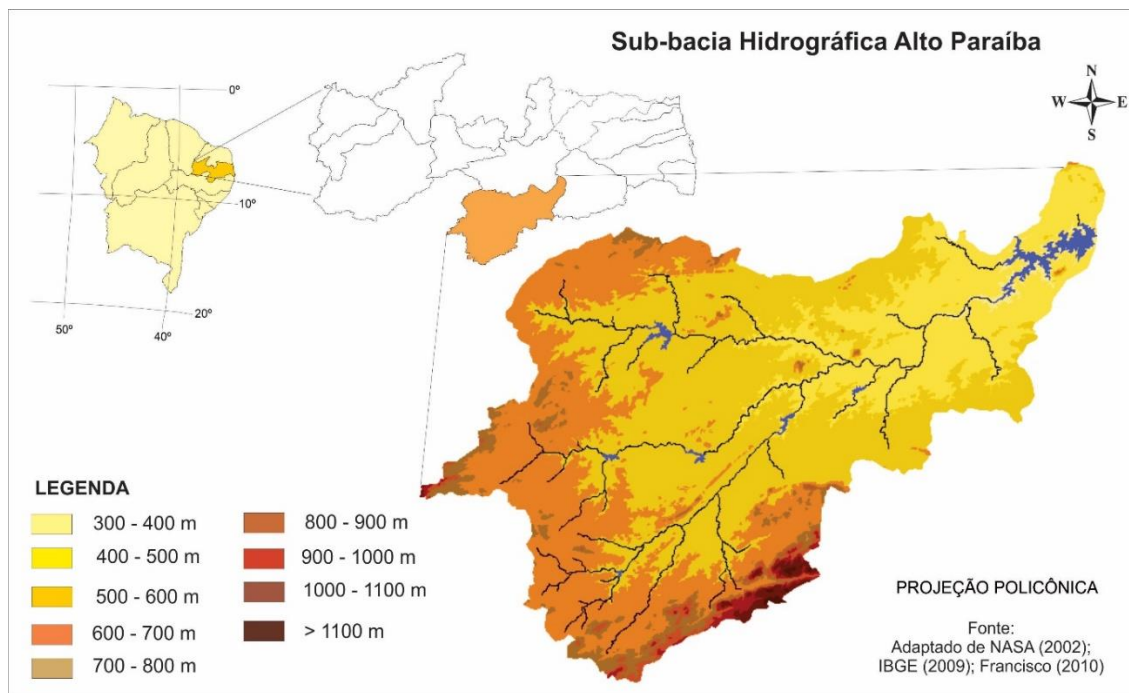


Figura 1. Localização e hipsometria da área de estudo.

Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2014).

Conforme Francisco (2010), de acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente abaixo de 600 mm.ano⁻¹ (Figura 2), e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 a 700m) onde as chuvas da região sofrem influência das massas Atlânticas de sudeste e do norte.

De acordo com Sousa et al. (2007), a vegetação representativa da área de estudo é do tipo caatinga hiperxerófila com as espécies mais encontradas sendo o marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.), jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Willd. Poiret.), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.), e catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul). Outras espécies nativas da região estão presentes com poucos exemplares, como o angico (*Anadenanthera columbrina* Vell. Brenan) e a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). Já os cactos são bastante diversificados.

Os solos predominantes na área de estudo, conforme PARAÍBA (1978), são os Aluviais Eutróficos que ocorrem ao longo das calhas dos rios; os Brunos Não Cálcicos e os solos Litólicos Eutróficos, distribuídos por toda a área da bacia, como também os Vertisols, com maior ocorrência no terço inferior da bacia, mais próximos ao Açude Epitácio Pessoa, estes

reclassificados para o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos por Campos e Queiroz (2006) como Solos Neossolos flúvicos Ta eutróficos solódicos, Luvisolos Crômicos órtico típico, Neossolos Litólicos Eutróficos típico, e como Vertissolo Cromado Órtico solódico, respectivamente.

Processamento das imagens

Neste trabalho foram utilizadas imagens do sensor TM LANDSAT 5, órbita 215, pontos 65 e 66, de 12/10/2003 e de 24/05/2010 da época seca e úmida, respectivamente. As imagens foram tratadas utilizando o software ERDAS 8.5, onde foi executada a correção radiométrica e obtidas as imagens de radiância e reflectância, de acordo com Silva et al. (2005a).

Neste procedimento utilizou-se a relação proposta por Markham e Baker (1987) (Equação 1).

$$L_{\lambda_i} = a_i + \left(\frac{b_i - a_i}{255} \right) ND \quad (\text{Eq.1})$$

Em que: a_i e b_i são as radiâncias espectrais mínima e máxima ($W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$), ND é a intensidade do pixel (número inteiro de 0 a 255) e $i = 1, 2, 3, 4, 5$ e 7 , corresponde às bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do TM - LANDSAT 5.

De posse dos mapas de radiância espectral de cada banda, informações sobre o $\cos Z$ e irradiância espectral no topo da atmosfera (Tabela 4) para cada banda, estimará a refletância espectral planetária em cada banda (BASTIAANSSEN, 1995) (Equação 2).

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda_i}}{k_{\lambda_i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que: ρ_{λ_i} é reflectância planetária da banda i , K_{λ_i} é a irradiância solar espectral no topo da atmosfera (Tabela 1), $\cos Z$ é o ângulo zenital do Sol e d_r é o inverso do quadrado da distância relativa Terra - Sol - d_s , em unidades astronômicas (IQBAL, 1983), dado pela Equação 3.

$$d_s = 1 + 0,0167 \operatorname{sen} \left[\frac{2 \pi (J - 93,5)}{365} \right] \quad (\text{Eq. 3})$$

Sendo: J = o dia Juliano e o argumento da função seno se encontra em radiano. Por sua vez, o ângulo Zenital do Sol não precisou ser calculado pois se encontrava disponível no cabeçalho das imagens adquiridas para este trabalho.

Tabela 1. Descrição das bandas do Mapeador Temático do LANDSAT 5, com os correspondentes intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima – a e máxima – b) e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera

| Bandas | Comprimento de Onda (µm) | Coeficientes de Calibração (Wm ⁻² sr ⁻¹ µm ⁻¹) | | Irradiância Espectral no Topo da Atmosfera (Wm ⁻² µm ⁻¹) |
|----------------|--------------------------|--|--------|---|
| | | a | b | |
| 1 (azul) | 0,45 – 0,52 | -1,52 | 193,0 | 1957 |
| 2 (verde) | 0,52 – 0,60 | -2,84 | 365,0 | 1826 |
| 3 (vermelho) | 0,63 – 0,69 | -1,17 | 264,0 | 1554 |
| 4 (IV-próximo) | 0,76 – 0,79 | -1,51 | 221,0 | 1036 |
| 5 (IV-médio) | 1,55 – 1,75 | -0,37 | 30,2 | 215,0 |
| 6 (IV-termal) | 10,4 – 12,5 | 1,2378 | 15,303 | - |
| 7 (IV-médio) | 2,08 – 2,35 | -0,15 | 16,5 | 80,67 |

Fonte: Allen et al. (2002).

Para obtenção do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi utilizada a Equação 4.

$$NDVI = \frac{(rp4 - rp3)}{(rp4 + rp3)} \text{ (Eq. 4)}$$

Em que: rp4 e rp3 correspondem às reflectâncias planetárias das bandas 4 e 3 do TM-LANDSAT 5.

Mapeamento da vegetação

Com o objetivo de mapear a vegetação de caatinga através do NDVI foi criada uma base de dados no SPRING 5.5, na projeção UTM/SAD69, registrando e importando as imagens-índices de vegetação e classificando-as com a utilização do programa LEGAL.

Na Linguagem Algébrica para gerar o mapa de cobertura do solo foi definida de acordo com os tipos (Tabela 1), conforme metodologia proposta por Francisco (2013).

Tabela 2. Classes de NDVI

| Classes | NDVI (2003) | NDVI (2010) |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|
| Arbórea Subarbórea muito densa | - | > 0,700 |
| Arbórea Subarbórea densa | > 0,300 | 0,650 - 0,700 |
| Subarbórea densa | - | 0,600 - 0,650 |
| Subarbórea Arbustiva densa | 0,285 - 0,300 | 0,550 - 0,600 |
| Arbustiva Subarbórea densa | 0,265 - 0,285 | 0,450 - 0,550 |
| Arbustiva Subarbórea aberta | 0,250 - 0,265 | 0,400 - 0,450 |
| Arbustiva Subarbustiva aberta | 0,225 - 0,250 | 0,350 - 0,400 |
| Subarbustiva Arbustiva rala | 0,180 - 0,225 | 0,200 - 0,350 |
| Subarbustiva Arbustiva muito rala | 0,150 - 0,180 | 0,150 - 0,200 |
| Solo exposto | 0 - 0,150 | 0 - 0,150 |
| Corpos d'água | < 0 | < 0 |

Fonte: Francisco (2013).

A classificação da vegetação foi desenvolvida por Chaves et al. (2008) e compõe-se de quatro níveis categóricos: Tipo – separa a vegetação natural da vegetação cultivada; Grupo – separa as comunidades vegetais com a dominância de porte identificados como: arbóreo (> 4,5 m de altura); subarbóreo (> 3 m e < 4,5 m); arbustivo (> 1,5 m e < 3 m) e subarbustivo (< 1,5 m); Classe – dentro de cada grupo as classes separam as comunidades vegetais de diferentes feições morfológicas, sendo descritas pela ordem decrescente dos portes dominantes, quando identificáveis, até o terceiro estrato; e Subclasse – representa a cobertura vegetal, em termos de percentagem de recobrimento da superfície do solo, sendo avaliada pelos seguintes graus de recobrimento: muito densa (> 80% de cobertura); densa (> 60 e < 80%); aberta (> 40 e < 60%); rala (> 20 e < 40%) e muito rala (< 20%).

Partindo do pressuposto de que na degradação ambiental, a cobertura vegetal é um parâmetro de indicação da conservação, a separação em classes de densidade da vegetação proporciona a relação entre o estado de conservação e a degradação, foi utilizada a metodologia adaptada de Francisco et al. (2012), que relaciona os valores de reflectância do NDVI com a densidade da vegetação. Com o objetivo de geração do mapa de detecção de mudanças foi utilizado o LEGAL conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Classes de detecção de mudança

| Classes | ASmd | ASd | Sd | SAd | ASd | ASa | ASba | SbAr | SbAmr | SE | CA | N |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|----|---|
| ASmd | NM | DMB | DB | DMOB | DM | DA | DMA | DMA | DAL | DAL | NM | N |
| ASd | RMB | NM | DMB | DB | DMOB | DM | DA | DMA | DMA | DAL | NM | N |
| Sd | RB | RMB | NM | DMB | DB | DMOB | DM | DA | DMA | DMA | NM | N |
| SAd | RM | RB | RMB | NM | DMB | DB | DMOB | DM | DA | DMA | NM | N |
| ASd | RMOA | RM | RB | RMB | NM | DMB | DB | DMOB | DM | DA | NM | N |
| ASa | RA | RMOA | RM | RB | RMB | NM | DMB | DB | DMOB | DM | NM | N |
| ASba | RMA | RA | RMOA | RM | RB | RMB | NM | DMB | DB | DMOB | NM | N |
| SbAr | RMA | RMA | RA | RMOA | RM | RB | RMB | NM | DMB | DB | NM | N |
| SbAmr | RAL | RMA | RMA | RA | RMOA | RM | RB | RMB | NM | DMB | NM | N |
| SE | RAL | RAL | RMA | RMA | RA | RMOA | RM | RB | RMB | NM | NM | N |
| CA | NM | NM | NM | NM | NM | NM | NM | NM | NM | NM | NM | N |
| N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N |

Legenda: ASmd - Arbórea subarbórea muito densa; ASd - Arbórea subarbórea densa; Sd - Subarbórea densa; SAd - Subarbórea arbustiva densa; ASd - Arbustiva subarbórea densa; ASa - Arbustiva subarbórea aberta; ASba - Arbustiva subarbustiva aberta; SbAr - Subarbustiva arbustiva rala; SbAmr - Subarbustiva arbustiva muito rala; SE - solo exposto; CA - Corpos d'água; N - nuvens; NM - Não mudança; DAL - Degradação altíssima; DMB - Degradação muito baixa; DB - Degradação baixa; DMOB - Degradação moderada baixa; DM - Degradação moderada; DA - Degradação alta; RMB - Recuperação muito baixa; RB - Recuperação baixa; RM - Recuperação moderada; RMOA - Recuperação moderada alta; RA - Recuperação alta; RMA - Recuperação muito alta; RAL - Recuperação altíssima.

Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2012).

Resultados e Discussão

Pelos dados da Tabela 3, e pela Figura 2 do mapa de cobertura vegetal de 2003, observa-se que, as classes de vegetação densa, Arbórea Subarbórea densa, Subarbórea arbustiva densa, Arbustiva subarbórea densa, somam 1.687,9 km², um percentual de 36,7% da área da bacia, e ocupam em grande parte, áreas de mais difícil acesso, de solos rasos e declivosos, cabeceiras da bacia onde recebem maior influência orográfica das chuvas.

As áreas menos protegidas pela vegetação, representadas pelas classes Subarbustiva arbustiva rala e muito rala, abrangem uma superfície de 3.539,12 km², que corresponde a 52,68% do total da bacia que se distribuem, em grande parte, na área central e ao longo da drenagem. As áreas de vegetação de caatinga aberta, Arbustiva subarbórea aberta, Arbustiva subarbustiva aberta, correspondem a uma área de 573,73 km², e representam 8,54% da área da bacia, e de acordo com Francisco et al. (2013), são áreas de pastejo para os animais, e estes padrões de vegetação ocupam posições intermediárias na paisagem, e normalmente ocorrem sobre solos mais rasos, inapropriados para agricultura devido as condições climáticas.

A classe solo exposto ocorre em 21,72% (1.458,72 km²) da área da bacia. Não foram identificadas e mapeadas as classes de vegetação Arbórea subarbórea muito densa e Subarbórea densa para a imagem de 2003, devido a localização no Bioma Caatinga, e aos seus tipos de solos rasos e pedregosos da área. De acordo com Francisco et al. (2012) os autores ressaltam que as imagens correspondem ao período seco, e isso é o que explica em parte, que

a cobertura vegetal esteja mais degradada ou em dormência, situação típica da caatinga hiperxerófila seca.

De acordo com Francisco et al. (2015) e Francisco et al. (2016), setembro é considerado o mês mais seco e com relação à distribuição anual observaram a alta variabilidade espacial de precipitação onde o setor central do Estado (regiões Cariri/Curimataú) com os menores valores de precipitação em torno de 300 a 500mm. Estes dados ajudam a explicar os menores índices de valores na imagem-índice de NDVI deste trabalho.

A seleção da imagem do período seco corrobora com diversos trabalhos que tem utilizado o período seco para avaliar a biomassa da caatinga, como Francisco et al. (2012) e como Francisco (2013) que encontraram um alto coeficiente de determinação ($r^2 = 0,7587$), permitindo estabelecer, com boa margem de precisão, estimativas da cobertura vegetal a partir das leituras de NDVI.

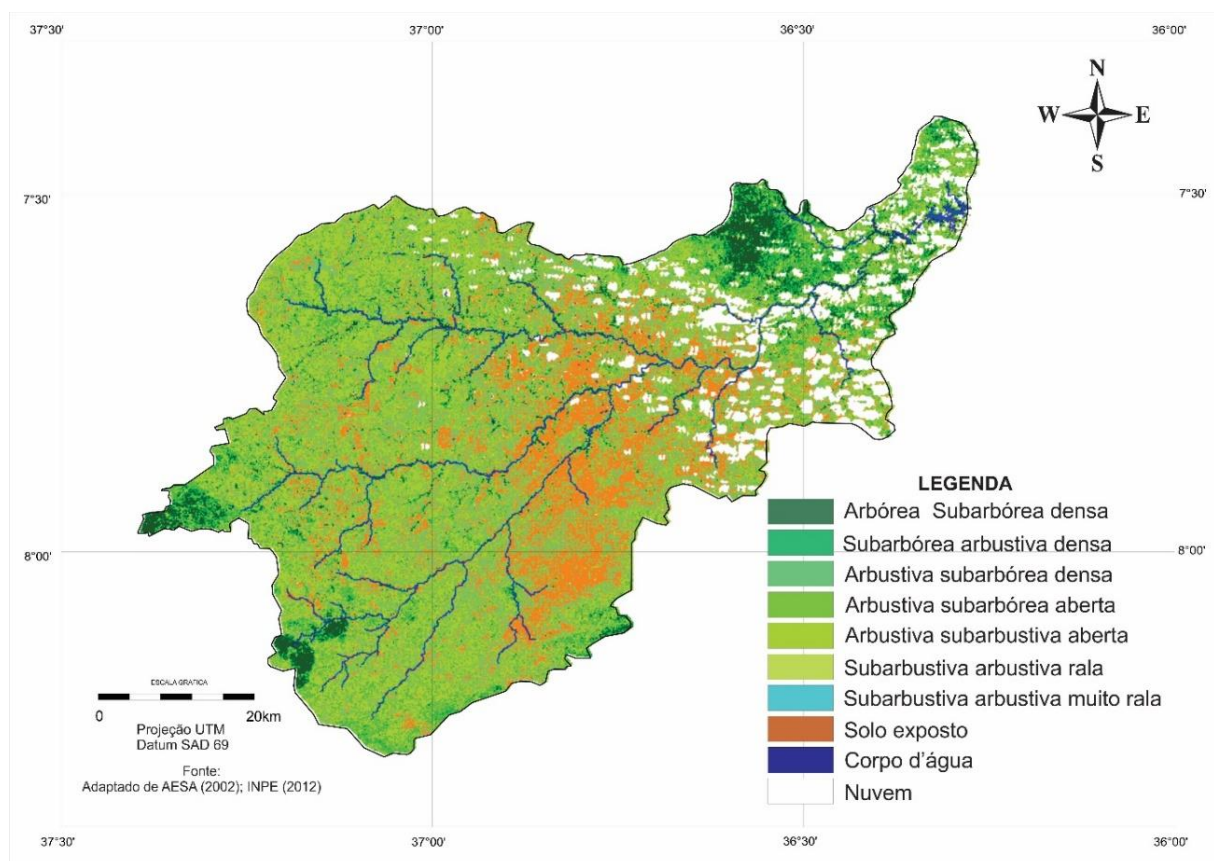


Figura 2. Mapa da cobertura vegetal da bacia da época seca.

Fonte: Adaptado de AESA (2002); INPE (2012).

Tabela 3. Classes de vegetação da bacia

| Classes de vegetação | 2003 | | 2010 | | Diferença | |
|-----------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------|----------|
| | Área | % | Área | % | Área | % |
| Arbórea subarbórea muito densa | - | - | 164,73 | 2,45 | 164,73 | 2,45 |
| Arbórea subarbórea densa | 337,62 | 5,03 | 341,63 | 5,09 | 4,01 | 0,06 |
| Subarbórea densa | - | - | 476,42 | 7,09 | 476,42 | 7,09 |
| Subarbórea arbustiva densa | 87,01 | 1,30 | 599,11 | 8,92 | 512,10 | 7,62 |
| Arbustiva subarbórea densa | 149,91 | 2,23 | 1.826,16 | 27,19 | 1.676,25 | 24,95 |
| Arbustiva subarbórea aberta | 155,95 | 2,32 | 1.062,63 | 15,82 | 906,68 | 13,50 |
| Arbustiva subarbustiva aberta | 417,78 | 6,22 | 917,54 | 13,66 | 499,76 | 7,44 |
| Subarbustiva arbustiva rala | 1.957,64 | 29,14 | 982,09 | 14,62 | -975,55 | -14,52 |
| Subarbustiva arbustiva muito rala | 1.581,48 | 23,54 | 13,87 | 0,21 | -1.567,61 | -23,34 |
| Solo exposto | 1.458,72 | 21,72 | 19,89 | 0,30 | -1.438,83 | -21,42 |
| Corpo d'água | 23,39 | 0,35 | 65,43 | 0,97 | 42,04 | 0,63 |
| Nuvem | 547,90 | 8,16 | 247,89 | 3,69 | -300,01 | -4,47 |
| Área total | 6.717,39 | 100,0 | 6.717,39 | 100,0 | 0 | 0 |

Pelos dados da Tabela 4, e que pela Figura 3 do mapa de cobertura vegetal da época úmida (2010), observa-se que, as classes de vegetação densa, Arbórea Subarbórea muito densa, Arbórea Subarbórea densa, Subarbórea arbustiva densa, Arbustiva subarbórea densa, somam 3.408,05 km², um percentual de 50,74% da área da bacia, e ocupam em grande parte, áreas de cabeceiras da bacia onde recebem maior influência orográfica das chuvas (Figura 5).

As áreas de vegetação de caatinga aberta, Arbustiva subarbórea aberta, Arbustiva subarbustiva aberta, correspondem a uma área de 1.980,17 km², e representa 29,48% da área da bacia. A classe solo exposto ocorre em 0,3% (19,89 km²) da área da bacia. As áreas menos protegidas pela vegetação, representadas pelas classes Subarbustiva arbustiva rala e muito rala, abrangem uma superfície de 995,96 km², que correspondem a 14,83% do total da bacia que se distribuem, em grande parte, na área central e ao longo da drenagem, áreas mais exploradas pela agricultura e com índices menores de refletância.

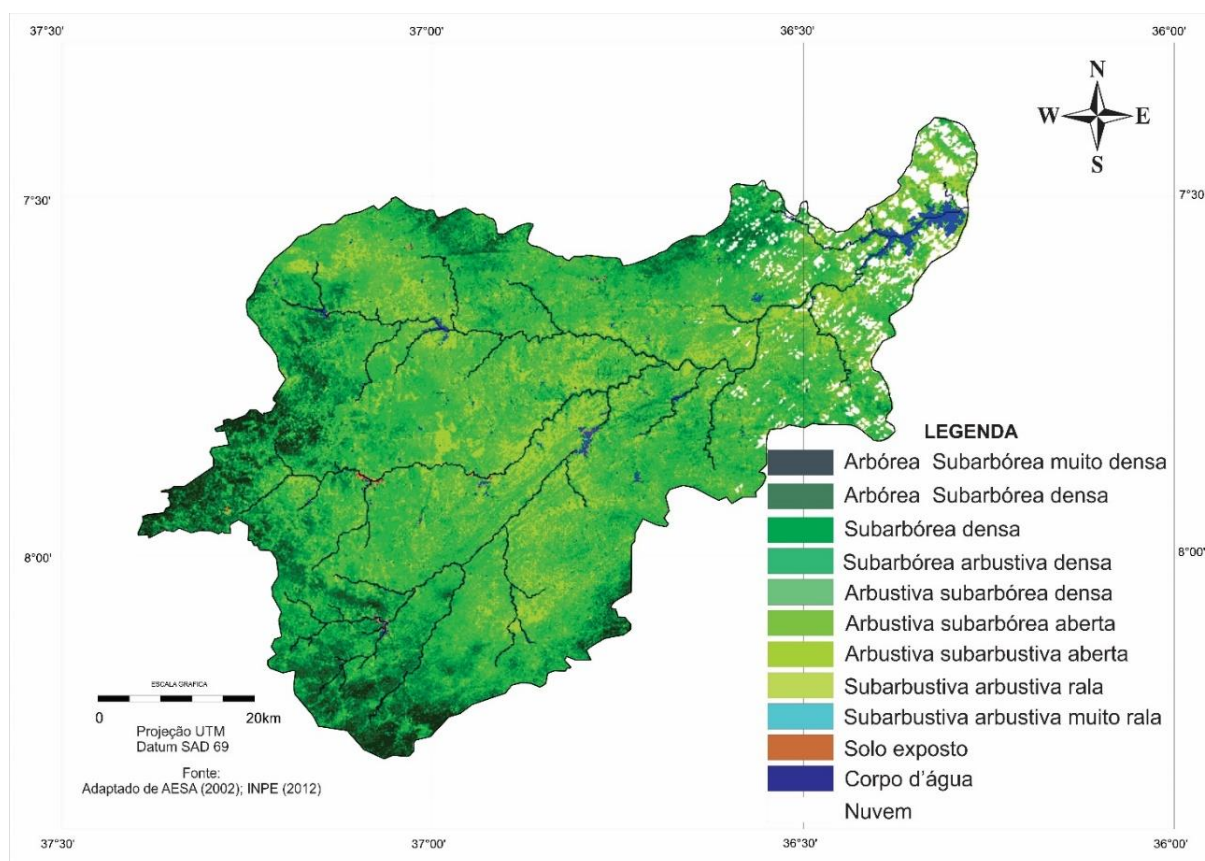


Figura 3. Mapa da cobertura vegetal da bacia da época úmida.

Fonte: Adaptado de AESA (2002); INPE (2012).

No mapa de detecção de mudança (Figura 4) e na Tabela 5, que sintetiza os dados do mapeamento da mudança da vegetação da bacia hidrográfica para o período de 7 anos, observa-se os valores em área e percentagem de ocupação das classes.

Tabela 5. Distribuição das classes de detecção de mudança

| Classes de detecção de mudança | Área (km ²) | % |
|---|-------------------------|--------|
| Recuperação alta a altíssima | 1.283,68 | 19,11 |
| Recuperação moderada a moderadamente alta | 2.350,30 | 34,99 |
| Recuperação baixa a muito baixa | 1.602,31 | 23,85 |
| Não Mudança | 352,77 | 5,25 |
| Degradação muito baixa a baixa | 231,88 | 3,45 |
| Degradação moderada a moderadamente baixa | 136,81 | 2,04 |
| Degradação alta a altíssima | 51,36 | 0,76 |
| Nuvem | 708,27 | 10,54 |
| Área Total | 6.717,39 | 100,00 |

Observa-se na Figura 4 que a classe Nuvem apresenta o valor de 10,54% (708,27 km²) da área, neste caso pela soma da classe nuvem da imagem de 2009 e 1996, pois isto causa o mascaramento da investigação, problema esse encontrado no sensoriamento remoto. De

acordo com Silva et al. (2007), nuvens causam sérias interferências em imagens aéreas e orbitais degradando a resposta radiométrica ou provocando redução na área útil da imagem. Entretanto, a redução da área útil da imagem pode, em alguns casos, ser superior ao dobro desse valor percentual, uma vez que também deve ser considerada a degradação provocada por sombras projetadas por essas nuvens sobre o terreno imageado.

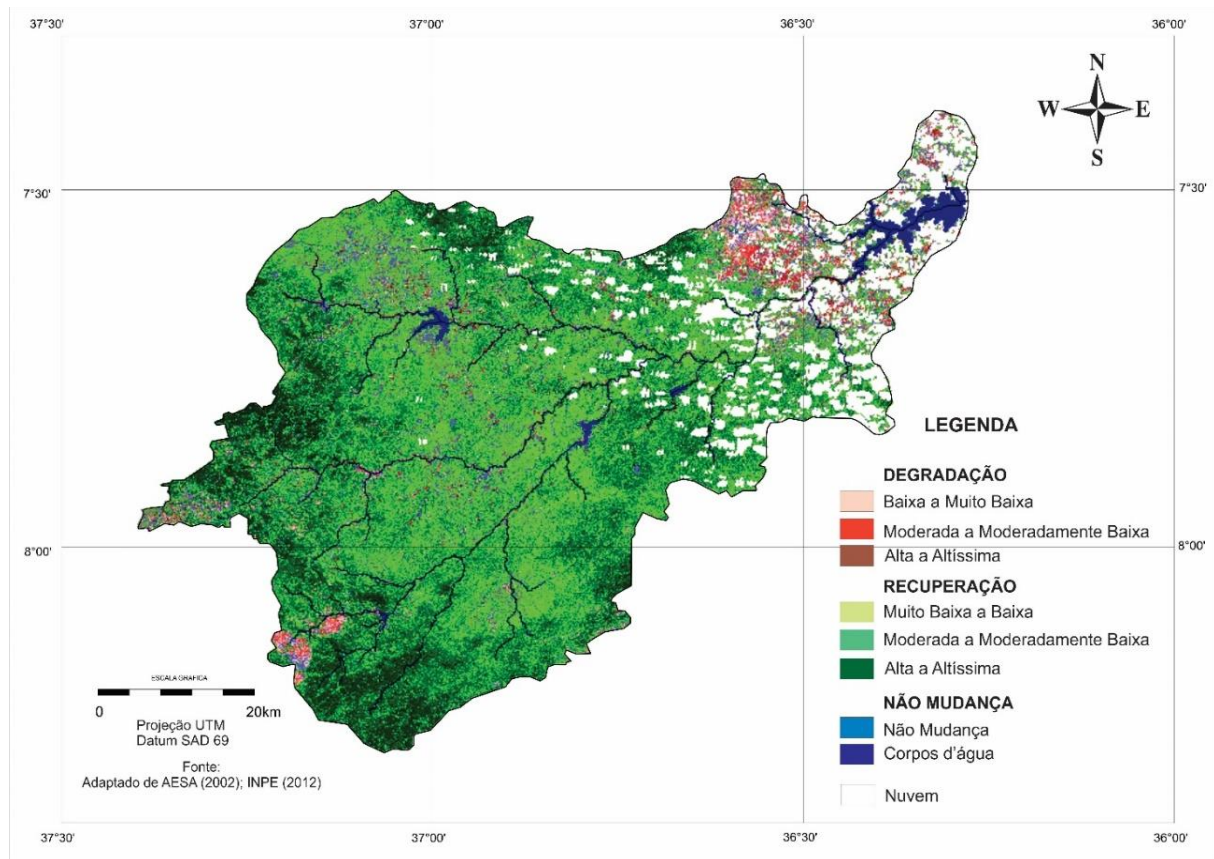


Figura 4. Mapa de detecção de mudanças.

A classe de Não Mudança com 352,77 km² representando 5,25% da área da bacia, ocorre em sua maioria em terras próximas a drenagem dos rios da bacia, encontrando-se em abandono ou em uso pela agricultura e pela pecuária extensiva.

No mapa temático, as proporções em área entre classes demonstram uma maior recuperação da área. De acordo com Francisco et al. (2012), isso ocorre porque a bacia é composta por áreas sendo degradadas e outras em processo de recuperação. Considerando a erosividade das chuvas da região semiárida brasileira, devido a sua concentração temporal, a cobertura vegetal do solo é fundamental para protegê-lo da ação erosiva das chuvas.

Observa-se que 5.236,29 km² representando 77,95% da área da bacia, encontra-se nas classes de Recuperação Muito Baixa a Altíssima, demonstrando a capacidade da vegetação semiárida em aumentar a biomassa e o porte da vegetação quando da influência da chuva.

Estas áreas mapeadas se encontram principalmente nas regiões com maiores altitudes nas divisas da bacia que sofrem uma maior influência orográfica das chuvas e se localizam em declividade mais acentuada de menor acesso ou de preservação e que respondem mais ao fator umidade. Observa-se que, nas áreas em que houve uma maior recuperação estão localizadas em boa parte na drenagem em solos aluviais e com uma maior umidade disponível durante os 7 anos de temporalidade. De acordo com Francisco et al. (2012), nestas áreas em sua maioria são as algarobeiras (*Prosopis juliflora* (sw) DC) que predominam.

As classes de Degradação Muito Baixa a Altíssima 420,06 km² representando 6,25% da área da bacia ocorre à nordeste, onde estas são áreas planas e que ocorrem os Solonetz Solodizado, e ao noroeste da bacia, em áreas onde ocorrem os Luvisolos. Estas terras são representadas por solos muito susceptíveis a erosão e consequente degradação pelo mau uso e má conservação. Resultados similares encontrados por Francisco et al. (2012).

Francisco et al. (2013) relata que, Alves et al. (2009) comenta que, o semiárido nordestino, desde o século XVII, foi ocupado pela expansão da pecuária extensiva em campo aberto, que se fez à custa da caatinga, onde os criadores de gado passaram a usar a queima do pasto, deixando nas áreas uma grande quantidade de animais acima da capacidade de suporte das mesmas. Já para Medeiros (2006) esta forma de utilização, vem causando degradações fortes e por vezes irreversíveis do ecossistema, e acaba por propiciar uma mudança no ritmo dos elementos formadores desse bioma, e desencadeia mudanças no ambiente, com um elevado índice de degradação em algumas regiões, expondo o solo aos agentes intempéricos, acarretando processos erosivos provocados pelo escoamento superficial, que vão degradar os solos.

Segundo Alves (2009), as causas da desertificação na Paraíba não diferem das que são encontradas em outros estados nordestinos. Elas são decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais, de práticas agrícolas inapropriadas e, sobretudo de modelos de desenvolvimento macro e microeconômicos de curto prazo. Outro grave aspecto a considerar são as práticas agrícolas tradicionais, geralmente associadas a um sistema concentrado de propriedade da terra e da água, conduzindo a graves problemas socioeconômicos que se aprofundam, quando sobrevêm as secas.

Conclusão

Com a utilização das técnicas de geoprocessamento, do sensoriamento remoto e desenvolvimento da linguagem algébrica pôde-se chegar a resultados satisfatórios com rapidez e precisão.

A utilização de imagem orbital de média resolução espacial, a classificação pelo NDVI em 9 classes foi satisfatória para a separação das fisionomias existentes na área estudada.

Através do uso do NDVI na detecção de mudança pode-se constatar que houve uma recuperação da vegetação em 5.236,29 km², Não Mudança em uma área de 352,77 km² e Degradação em 420,06 km².

A cobertura do solo da área de estudo encontra-se em processo de degradação distribuída por quase toda a bacia juntamente com a classe solo exposto e áreas próximo a drenagem.

Referências

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2011. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 9 de julho 2018.
- ALLEN, R. et al. Surface energy balance algorithms for land (SEBAL). Idaho implementation – Advanced Training and User’s Manual, 2002. 97p.
- ALVES, J. J. A. Caatinga do Cariri Paraibano. Geonomos, n.17, v.1, p.19-25, 2009.
- BARBOSA, H. A.; KUMAR, T. V. L.; SILVA JUNIOR, I. W. Analysis of the NDVI temporal dynamics in semi-arid ecosystems: Brazilian caatinga and African western Sahel. Revista Brasileira de Geografia Física, n.2, p.300-306, 2011.
- BEZERRA, J. M.; VASCONCELOS, R. S.; MOURA, G. B. A.; SOBRINHO, J. E. Spectral indices of vegetative to caatinga of the area of semi-arid of Rio Grande do Norte, Brazil. Journal of Hyperspectral Remote Sensing, v.2, n.2, p.10-24, 2012.
- BASTIAANSSEN, W. G. M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain. A Remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climates. 273f. Tese. Wageningen Agricultural University. The Netherlands, 1995.
- BRANDELERO, C. Espectrorradiometria do visível e infravermelho próximo em povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. 82f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil. Brasília-DF, 2005, 213p.
- CAMPOS, M. C. C.; QUEIROZ, S. B. Reclassificação dos perfis descritos no Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.6 n.1, p.45-50, 2006.

CHAVES, I. DE B.; LOPES, V. L.; FFOLLIOTT, P. F.; PAES-SILVA, A. P. Uma classificação morfo-estrutural para descrição e avaliação da biomassa da vegetação da caatinga. *Revista Caatinga*, v.21, n.2, p.204-213, 2008.

COSTA, T. C. C.; ACCIOLY, L. J. O.; OLIVEIRA, M. A. J.; BURGOS, N.; SILVA, F. H. B. B. Phytomass mapping of the Seridó Caatinga vegetation by the plant area and normalized difference vegetation indexes. *Scientia Agricola*, v.59, n.4, p.707-715, 2002.

CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B.; CHAVES, I. B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.5, p.539-548, 2012.

FEITOSA, J. R. P. et al. Avaliação de índices de vegetação em área irrigada do sub-médio São Francisco, Petrolina-PE, a partir de imagens do satélite LANDSAT 5-TM. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 18, 2004, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2004.

FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

FRANCISCO, P. R. M. Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do rio Taperoá, PB. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2013.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; BRANDÃO, Z. N.; LIMA, E. R. V. DE; SILVA, B. B. DA. Mapeamento da vulnerabilidade das terras da bacia hidrográfica do rio Taperoá. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.6, n.2, p.271-286, 2013.

FRANCISCO, P. R. M. et al. Detecção de mudança da vegetação de caatinga. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.6, n.4, p.1473-61487, 2012.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; BANDEIRA, M. M.; SILVA, L. L. DA S.; SANTOS, D. Oscilação pluviométrica anual e mensal no Estado da Paraíba-Brasil. *Revista de Geografia*, v.33, n.3, p.141-154, 2016.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D.; MATOS, R. M. DE. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; MATOS, R. M. DE; BANDEIRA, M. M.; SANTOS, D. Análise e mapeamento dos índices de umidade, hídrico e aridez através do BHC para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1093-1108, 2015.

IQBAL, M. An introduction to solar radiation. Academic Press. Toronto, 1983.

- LIRA, V. M.; SILVA, B. B.; DANTAS, J.; AZEVEDO, A. V.; FRANCO, E. S. Variação sazonal da cobertura vegetal em áreas do submédio São Francisco, a partir de dados NDVI e imagens TM-LANDSAT 5. *Enciclopédia Biosfera*, v.7, n.12, p.1-9, 2011.
- LOPES, H. L.; CANDEIAS, A. L. B.; ACCIOLY, L. J. O.; SOBRAL, M. DO C. M.; PACHECO, A. P. Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.11, p.1210-1219, 2010.
- MALDONADO, F. D. Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia de detecção de mudanças na cobertura vegetal do semiárido. 311f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2005.
- MANZATTO, H. R. H. et al. Diagnóstico ambiental como subsídio ao desenvolvimento sustentável para produção rural em comunidades das microbacias hidrográficas no estado do Rio de Janeiro. *Embrapa Solos - CNPS*, n.8, 1998, 4p.
- MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. *Journal of Remote Sensing*, v.8, n.3, p.517-523, 1987.
- MEDEIROS, E. R. DE. Caracterização dos processos degradacionais no município de São João do Cariri-PB. (Monografia). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2006.
- MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do riacho dos cavalos Crateús-CE. *RAEGA*, v.23, p.520-533, 2011.
- MENESES, P. R.; NETTO, J. S. M. Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais. Brasília. UnB, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.
- MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicação. 2. ed. São José dos Campos, Viçosa: UFV, 2004. 307p.
- MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 3. ed. Viçosa: UFV, 2005. 320p.
- OLIVEIRA, W. M. DE. et al. Índices espectrais de vegetação de caatinga em um Neossolo Litólico do semiárido paraibano. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 14, 2009, Natal. Anais...Natal: INPE, 2009. p.2103-2110.
- PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eletro Consult Ltda. 1978. 448p.


- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação. 1. ed. São José dos Campos: Ed. Parêntese. v.1, 2007. 135p.
- SÁ, I. B. Monitoramento ambiental: a degradação ambiental no Trópico Semiárido do Nordeste Brasileiro. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 1, 2002, Aracaju. Anais...Aracaju, 2002.
- SILVA, B. B. et al. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5-TM. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.13, n.2, p.11-21, 2005a.
- SILVA, B. B. et al. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens LANDSAT 5 - TM. Revista Brasileira de Meteorologia, v.20, n.2, p.243-252, 2005b.
- SILVA, W. A. DA. et al. Validação de nuvens e sombras detectadas em imagens CCD/CBERS por correlação de pontos candidatos. In: Simpósio Brasileiro de Geomática, 2, Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 5, 2007, Presidente Prudente. Anais...Presidente Prudente, 2007. p.996-1002.
- SOUSA, R. F. de et al. Estudo da degradação de terras do município de Boa Vista - Paraíba. Revista Engenharia Ambiental, v.4, n.2, p.005-013, 2007.
- SOUZA, B. I. DE. et al. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri Paraibano. Mercator, v.8, n.16, p.217-232, 2009.
- UNITED NATIONS. Text of the United Nations Convention to Combat Desertification. 2001. Disponível em: <www.unccd.int/convention/text/convention.php>. Acesso em: 12 mar 2012.
- VAREJÃO-SILVA M. A. et al. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB. Campina Grande, 1984.

CAPÍTULO V

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA: ESTUDO E LEVANTAMENTO PROSPECTIVO DO POTENCIAL DA PLANTA JUAZEIRO (ZIZIPHUS JOAZEIRO)


Angelo Justino Pereira

*Mestrando em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação, IFPB,
Campina Grande-PB, angelo.justino@academico.ifpb.edu.br*

 <http://lattes.cnpq.br/6118135834211282>


Aldre Jorge Morais Barros

Dr. Prof. UFCG, Campina Grande-PB, ajmbarros@eq.ufcg.edu.br

 <http://lattes.cnpq.br/5354975426596167>


George do Nascimento Ribeiro

Dr. Prof. UFCG, Campina Grande-PB, georgemribeiro@gmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/4583024225973273>

José Nilton Silva

Dr. Prof. UFCG, Campina Grande-PB, nilton@eq.ufcg.edu.br

 <http://lattes.cnpq.br/7853090239572747>

Introdução

A Caatinga é um ecossistema exclusivamente brasileiro, que permite deduzir que grande parcela dessas riquezas biológicas não se encontra em outro lugar do planeta. Reconhecida como uma das 37 Grandes Áreas Naturais do Planeta (GIL, 2002 *apud* LEITE et al., 2009), tem extensão territorial de aproximadamente 800.000 km², o que corresponde a cerca de 70% de toda a área da região Nordeste, abrangendo os Estados do Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e uma pequena faixa no norte de Minas Gerais (PRADO, 2003).

O Cariri Paraibano que compõem a Caatinga, está localizado na mesorregião da Borborema, sendo subdividida em microrregiões, a saber: Cariri Ocidental, Cariri Oriental, Seridó Oriental e Seridó

Ocidental (LEITE et al., 2014). A junção do Cariri Ocidental com o Cariri Oriental, denomina-se Cariri Paraibano, composta por uma vegetação vasta, com espécies diversas onde encontra-se o Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart. *Rhamnaceae*).

O Juazeiro (Figura 1) é uma espécie própria da região geográfica caracterizada pelo ecossistema da Caatinga, pertencente à família da Rhamnacea (NADIA et al., 2007), é uma das plantas mais utilizadas popularmente, tendo diversas utilidades, desde a alimentação animal, representando grande importância ecológica, como na medicina popular, no tratamento de problemas respiratórios, como a bronquites, no uso como expectorantes e no trato da gastrite e dermatológico, e ainda, na produção de cosméticos, produtos de higiene, tais como shampoo anticaspa e creme dental (MATOS, 2000; LORENZI & MATOS, 2002; CARVALHO, 2007).



Figura 1. Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart. *Rhamnaceae*). Fonte: Maia (2004).

O Juazeiro é popularmente conhecido por juazeiro, juá, juá-espinho, juá-fruta, laranjeira-de-vaqueiro, juá-mirim, juá-de-boi, juá-bravo, entre outros. O nome do seu fruto, juá, deriva do tupi “a-ju-á”, que simboliza fruto obtido dos espinhos (BRAGA, 2010 *apud* DANTAS, 2014). Dependendo de sua localização, denomina-se a saber: na Bahia ela é conhecida como Joazeiro, Juá-babão e Juá-de-boi; no Ceará por Joá-mirim e Juazeiro; na Paraíba por Juazeiro e Joazeiro; em Pernambuco por Juá e juazeiro; no Rio Grande do Norte por Juazeiro; no Estado do Rio de Janeiro por Juá-bravo; em São Paulo por Joazeiro e em Sergipe Juazeiro (CARVALHO, 2007).

Embora nativa dos Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, que compõem a região Nordeste do país, pode ser encontrada até o Sul de Minas Gerais (GONÇALVES, 2007). É de grande relevância para o bioma da caatinga em que está inserida, bem como, economicamente (NADIA et al., 2007).

Na economia é utilizada ainda como produção de lenha e carvão, arborização de ruas e jardins, além de fornecer frutos comestíveis (LORENZI, 2009). É utilizado também na fabricação de sabão e na indústria madeireira (LORENZI & MATOS, 2008). Em seu fruto (Figuras 2 e 3) encontra-se uma

vitamina importante, a Vitamina C e são bem apreciados nos Estados do Nordeste, sendo consumidos *in natura* ou processados como doces e geleias (FEITOZA et al., 2016).



Figura 2. Folhas do Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart. *Rhamnaceae*). Fonte: Maia (2004).

Quanto as suas flores, tem relevante fonte de recurso alimentar para abelhas indígenas sem ferrão da espécie Meliponini, que são muito utilizadas na criação racional de abelhas (meliponicultora), sendo uma considerada alternativa de renda para produtores de algumas regiões da Caatinga (NADIA et al., 2007).



Figura 3. Frutos do Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart. *Rhamnaceae*). Fonte: Maia (2004).

Já a casca, possui substâncias e nutrientes que permite resistência necessária para a planta, contendo cor interna amarelada e externamente espinhos de cor cinza escuro a castanho. Da casca torna-se interessante para diversas utilidades, como por exemplo a produção de farinhas para alimentação humana, pois dela obtém-se aglicona ou sapogenina e uma porção hidrofílica formada por um ou mais açúcares. Essas ações de utilizar e extrair tudo que o Juazeiro oferece, permite uma melhoria econômica local e de qualidade de vida dos que se beneficiam de sua produção e benfeitorias (ALMEIDA et al., 2017).

No monitoramento tecnológico das tecnologias desenvolvidas a partir da utilização de espécies do gênero Juazeiro, baseado na busca de informações nos principais bancos de patentes, destaca-se

que o monitoramento tecnológico que é um instrumento relevante para a tomada de decisão, acerca do que se deseja, pois permite a absorção de informações contidos nos documentos de patentes, permitindo analisar vários aspectos importantes, como: novas tecnologias, possíveis parceiros e concorrentes, nicho de mercados, além de possibilitar a administração nas seguintes gestões: processos, produtos, PD&I, fusões e aquisições (CANONGIA et al., 2002).

Diante das dificuldades apresentadas pela sociedade, se torna provável, utilizando o monitoramento tecnológico localizar o estado da técnica das tecnologias já vigentes, proporcionando indicar quais as medidas que aquela prática poderá produzir (SOARES & SILVA, 2019).

Portanto, o objetivo desse trabalho é realizar um levantamento prospectivo do potencial da planta Juazeiro, através da aplicação da técnica de busca sistemática do monitoramento de patentes, verificando o desenvolvimento tecnológico.

Material e Métodos

Como método para obtenção dos dados deste estudo, foi realizado monitoramento tecnológico através de sistema de busca, seleção, análise e exportação de informações oriundas dos documentos de patentes, utilizando como principal ferramenta a plataforma Questel Orbit® e pesquisas no site do Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI. O uso desta plataforma permite a utilização de algoritmos para o reconhecimento de palavras chaves, nomes de inventores, e titulares, ou então números de publicação quando somente estes são digitados, permitindo uma pesquisa de informações nos principais bancos de patentes, com extração de gráficos e parâmetros estatísticos, bem como, pesquisa no banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI (ALVES et al., 2019).

A metodologia de pesquisa possui características quantitativas a partir da coleta de dados, obtendo informações através de ferramentas de pesquisa, tendo seus dados coletados e analisados de forma estatísticas, apresentando e organizando os dados mais relevantes, estabelecendo regras para cada situação analisada (GUNTHER, 2006).

A pesquisa consistiu na realização de buscas com o emprego de palavras-chaves e/ou classificação internacional de patentes (Internacional Patent Classification – IPC) como entrada para a ferramenta Questel Orbit®.

A busca foi realizada com as palavras-chave Ziziphus Joazeiro e Juazeiro, nos campos título, resumo e palavras chave, de forma a obter o maior número possível de documentos de depositados entre janeiro de 2001 a dezembro de 2020.

A leitura dos documentos de patentes selecionadas foi realizada com o intuito de extração de informações em três níveis diferentes, macro, meso e micro. Através da análise de nível macro, buscou a análise dos documentos com o alcance do número de registros de depósitos de patentes nos diversos países com estudos sobre o Juazeiro.

A análise nível meso buscou analisar o parâmetro de relevância da participação das universidades, empresas e principais depositantes, que detêm os registros de depósitos de patentes no período analisado. E após o nível micro foi realizado levantamento quantitativo da participação das universidades localizadas no Estado da Paraíba com depósitos de registros de patentes e atuação em pesquisas.

Resultados e Discussão

Após a execução das buscas e análise do material contido nos documentos selecionados, verifica-se a existência de 59 documentos de registros de patentes a partir dos termos de busca. Destes, foram 15 registros, sendo estes considerados relevantes e analisados detalhadamente e suas informações extraídas.

As ilustrações apresentadas pelas Figuras 4 e 5, representam o quantitativo de países que detêm os números de registros de patentes com tecnologias desenvolvidas com a planta Juazeiro, representando um total de 59 registros, distribuídos entre 30 países, em consonância com o Tratado de Cooperação de Patentes (PCT).

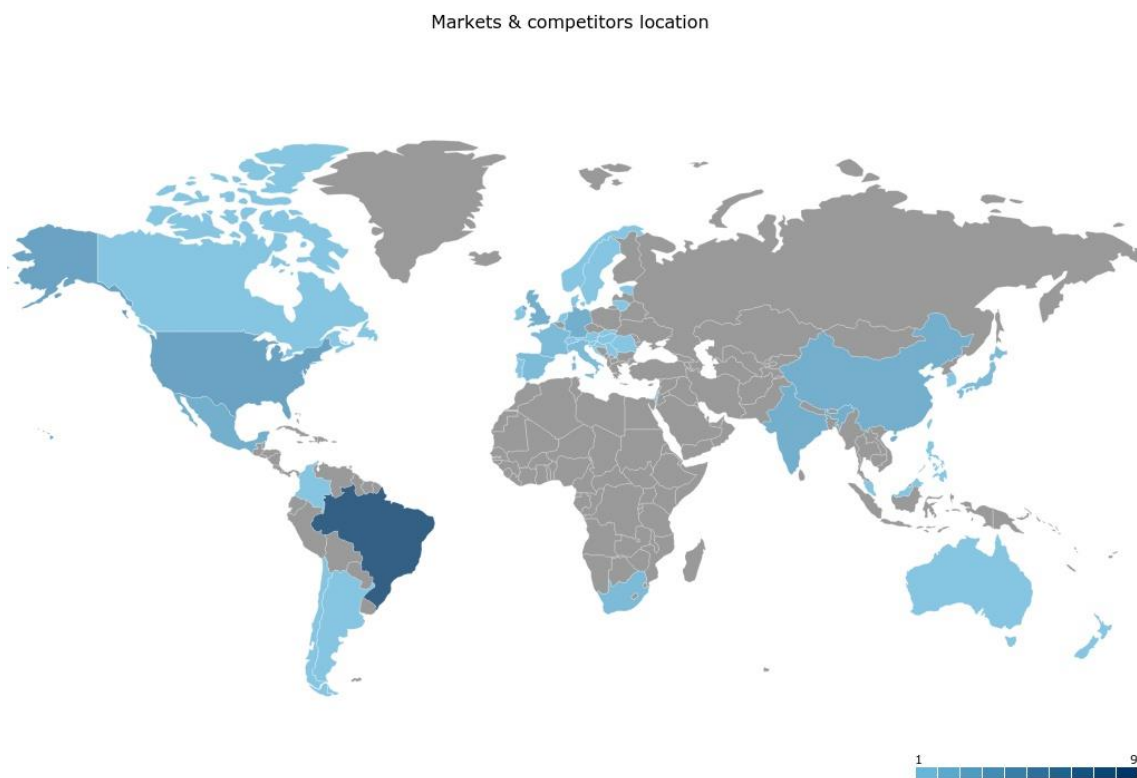
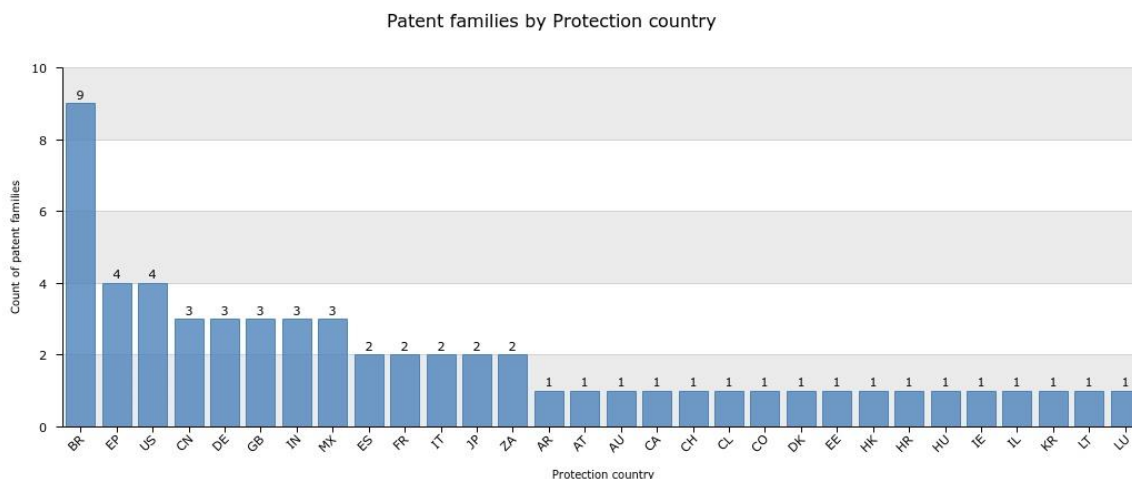


Figura 4. Distribuição das patentes por países. Fonte: Questel Orbit® (2021).



© Questel 2021

Figura 5. Distribuição das patentes por países. Fonte: Questel Orbit® (2021).

Observa-se que o Brasil possui 9 registros de depósitos de patentes, indicando 15,3% do total de registros, seguido pela Organização Europeia de Patentes (OPE/EPO) e Estados Unidos com 4 documentos de patentes cada, ou seja, 6,8%. E ainda, a China, Alemanha, Reino Unido, Índia e México com 5,0% dos registros cada.

Analisando os registros de depósitos de patentes do Brasil, Organização Europeia de Patentes (OPE/EPO) e Estados Unidos, observa-se que juntos esses escritórios representam aproximadamente 29% do que é depositado mundialmente em relação a planta Juazeiro.

O gráfico da Figura 6 ilustra a evolução tecnológica das patentes ao longo dos anos, indicando a dinâmica nos registros de patentes dos dados analisados e obtidos pela plataforma Questel Orbit em comparação com o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Verifica-se que, ao longo dos anos iniciais (2001 a 2008) não apresenta registros de patentes, observa-se o surgimento inexpressivo a partir de 2009, com base no termo “*Ziziphus Joazeiro*” (Juazeiro). Importante destacar os anos de 2014, 2017 e 2018, quando se tem um acréscimo nos registros de patentes, totalizando ao longo do período iniciado em 2009 até 2020, um quantitativo de 15 registros.

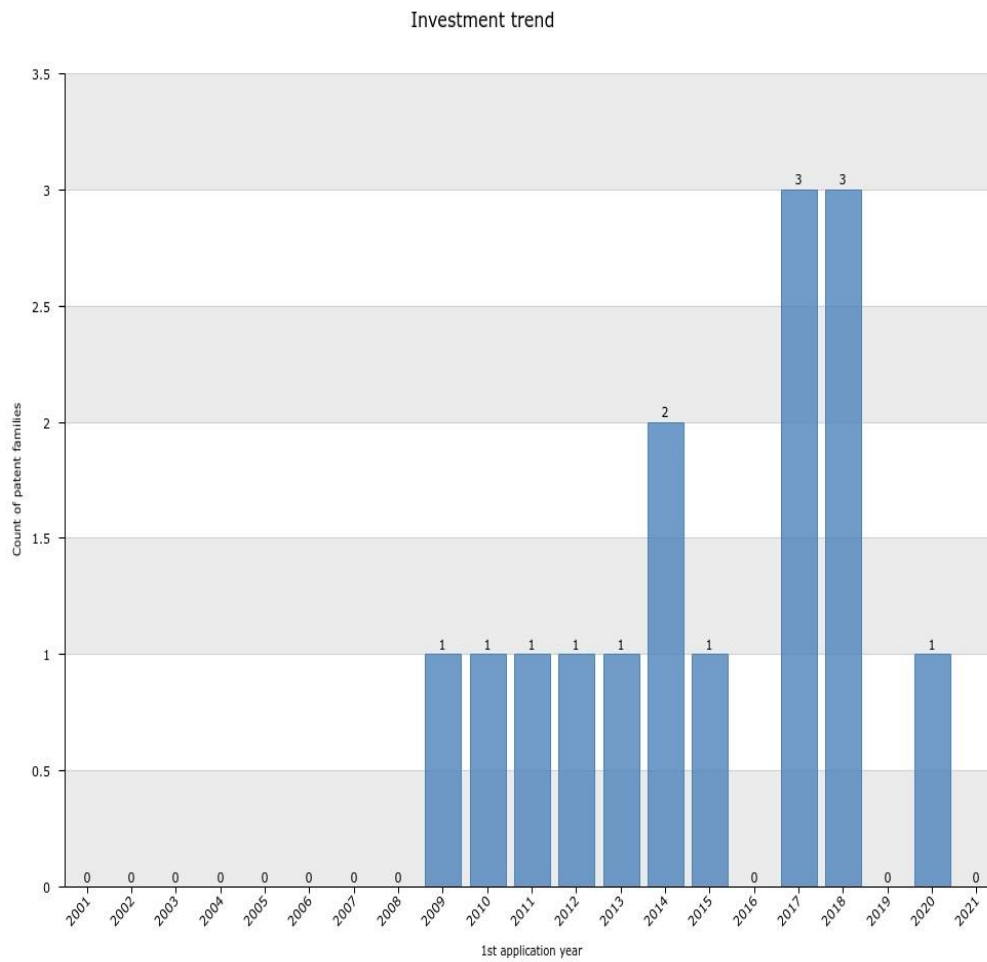
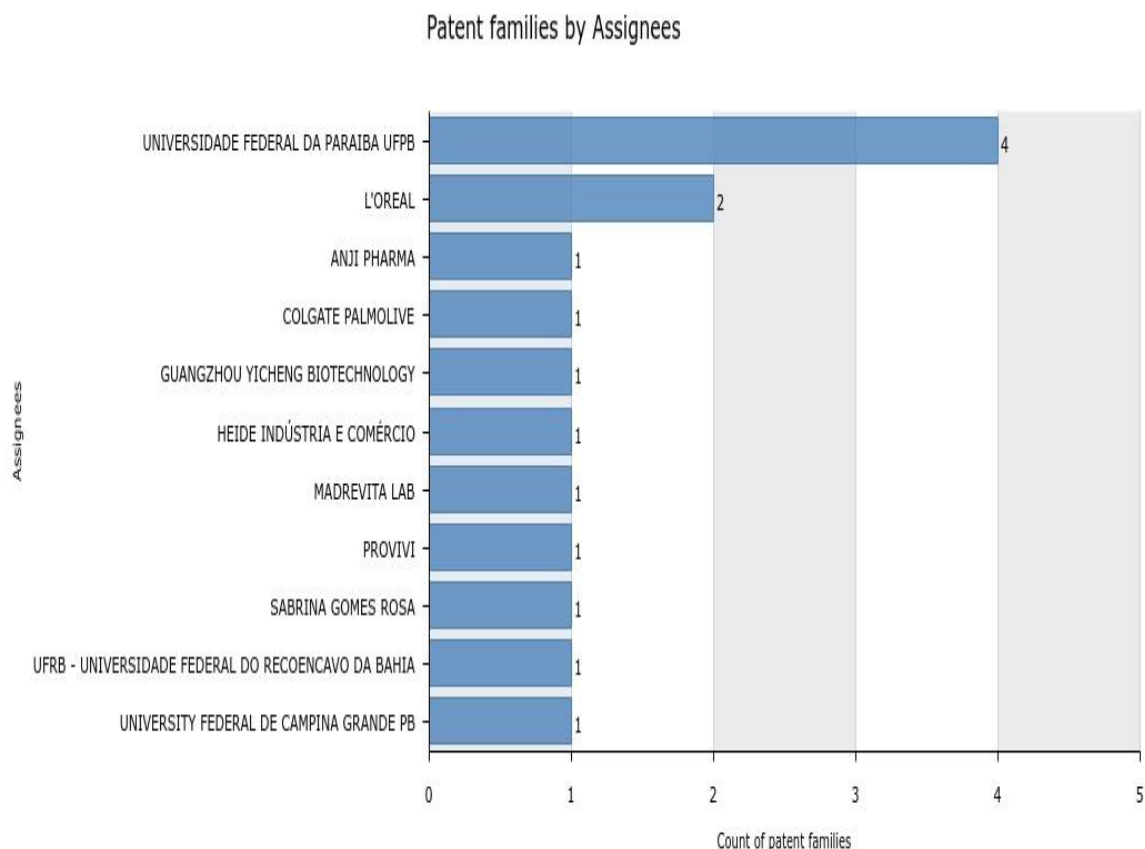


Figura 6. Distribuição das patentes por ano de publicação. Fonte: Questel Orbit® (2021).

Salienta-se que, diferentes perfis podem ser observados, e esses perfis dependem da estratégia de depósito implementada pelo requerente, bem como, haverá uma lacuna nas informações atuais da patente devido ao atraso que se deve obedecer de 18 meses entre o depósito de um pedido e sua publicação, conforme discorre no Art. 30 da Lei de Propriedade Industrial (Lei nº 9.279/1996).

O gráfico da Figura 7 apresenta o portfólio dos principais requerentes, bem como, os volumes de depósitos de patentes. Observa-se que a classificação dos detentores do desenvolvimento das tecnologias relacionadas ao tema em estudo, está relacionada ao nome do depositante da patente. Destaque para as Universidades, que concentra cerca de 40% dos registros de patente, em especial as localizadas no Estado da Paraíba. A Universidade Federal da Paraíba – UFPB como sendo o maior depositante de patentes, com cerca de 26% dos registros, seguido pela L’Oréal com duas patentes e todos os demais inventores com apenas uma patente, destaque para a Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.



© Questel 2021

Figura 7. Distribuição das patentes pelos principais depositantes. Fonte: Questel Orbit® (2021).

Na Tabela 1, estão descritas as patentes registradas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI, pertencentes à Universidade Federal da Paraíba - UFPB e Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, que estão relacionadas com o desenvolvimento tecnológico a partir da utilização da planta Juazeiro.

Ao analisar as 05 (cinco) patentes vinculadas às universidades do Estado da Paraíba, verifica-se que a patente BR102018075991, depositante: Universidade Federal da Paraíba (UFPB), trata do patenteamento do processo de obtenção da polpa e casca do Juá em pó, com aplicabilidade na indústria alimentícia (CAVALCANTE et al., 2020). Outra patente que tem sua aplicação na indústria de alimentos é a BR1020180745050, cuja depositante também é a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e que traz seu registro de patente de processo de obtenção do pó da folha do Juá (CAVALCANTE et al., 2020).

Tabela 1. Patentes das Universidades da Paraíba

| Patente | Data Publicação | Requerente |
|----------------|-----------------|---|
| BR102018075991 | 2018-12-13 | Universidade Federal da Paraíba - UFPB |
| BR102018074505 | 2018-11-27 | Universidade Federal da Paraíba - UFPB |
| BR102018005557 | 2018-03-21 | Universidade Federal de Campina Grande - UFCG |
| BR102017024967 | 2017-11-22 | Universidade Federal da Paraíba - UFPB |
| BR102017023344 | 2017-10-30 | Universidade Federal da Paraíba - UFPB |

Fonte: Questel Orbit® (2021).

A Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, se apresenta como depositante de um registro de patente de invenção referente à obtenção da farinha da polpa e óleo da semente do Juazeiro, BR102018005557, que permite sua utilização em composições alimentícias, nas indústrias de cosméticos e farmacêuticas (DINIZ et al., 2019).

Com a mesma aplicabilidade visando as indústrias de alimentos, cosméticos e farmacêuticas a patente BR102017024967, cuja depositante é a Universidade Federal da Paraíba (UFPB), trata da obtenção do gel da Babosa (*Aloe vera*) em pó através da secagem em camada de espuma, utilizando a entrecasca do Juá (BONFIM et al., 2019). Outro registro de patente pertencente à Universidade Federal da Paraíba (UFPB), BR102017023344, trata do processo de obtenção do pó da entrecasca do Juá através da secagem em camada da espuma, tem sua aplicação nas indústrias de cosméticos, farmacêuticas e limpeza em geral (NEGREIROS et al., 2019).

Fazendo-se um comparativo entre artigos científicos e registros de patentes depositados, observa-se a existência de várias pesquisas sobre o Juazeiro, porém não há um acréscimo proporcional na quantidade de depósitos de patentes. É perceptivo uma evolução na quantidade de pesquisas realizadas sobre essa planta e um pequeno incremento no número de depósitos de patentes. No entanto, os incentivos científicos e econômicos ainda são pequenos, que permitam um maior aprimoramento das pesquisas e um melhor aproveitamento tecnológico do potencial do Juazeiro, e conseqüentemente, permitir a utilização mais eficiente e eficaz dos benefícios oriundos dessa planta junto à sociedade, mais especificadamente, a população da caatinga, que tem no Juazeiro um importante produto de exploração econômica.

Conclusão

Verificou-se que não houve depósitos de registros de patentes nos primeiros anos entre 2001 a 2008. Apenas havendo o primeiro registro de patente em 2009, sendo que a partir deste ano, foi possível verificar uma manutenção dos registros de forma constante na sequência dos anos que se seguiu, com o surgimento de novos depósitos. Sendo que os anos de 2014, 2017 e 2018 observou-se uma tendência de evolução de novos registros de patentes.

Quanto aos depositantes, observou-se que o Brasil se destacou, com um quantitativo de registros significativo, devido à presença relevante de estudos tecnológicos sobre o tema, principalmente por partes das Universidades, com destaque para o Estado da Paraíba, como as pesquisas inovadoras oriundas da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Referências

- ALBUQUERQUE, U. P.; ANDRADE, L. H. C. Uso de recursos vegetais da caatinga: o caso do agreste do estado de Pernambuco (nordeste do Brasil). *Interciência*, v.27, n.7, p.336-346, 2002a.
- ALBUQUERQUE, U. P.; ANDRADE, L. H. C. Conhecimento botânico tradicional e conservação em uma área de caatinga no estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. *Acta Botânica Brasílica*, v.16, n.3, p.273-285, 2002b.
- ALMEIDA, C. V. M.; GOMES, S. A. S.; SILVA, J. R.; VIEIRA, J. S.; SILVA, S. P. Caracterização físico-química da casca do juazeiro para produção de farinhas com fins de complemento alimentar. In: Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 2, 2017, Natal, Anais...Natal, 2017.
- ALVES, A. C. M.; SANTOS, J. C. M.; SILVA, J. N. Estudo do monitoramento das aplicações tecnológicas da *Prosopis Juliflora* (Algaroba). *Caderno de Prospecção*, v.12, n.2, p.374-387, 2019.
- ANDRADE, W. M. Variações de abundância em populações de plantas da caatinga. 54-f. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2000.
- BONFIM, K. S.; CAVALCANTE, J. A.; ROMÃO, T. D.; NEGREIROS, J. K. S.; COSTA, N. A.; SIMÕES, T. B.; OLIVEIRA, B. F.; NASCIMENTO, S. P.; LEITE, A. C. N. Obtenção do gel da babosa em pó através da secagem em camada de espuma. Depositante: Universidade Federal da Paraíba. BR102017024967. Depósito: 22 de novembro de 2017. Publicação: 11 de junho de 2019. INPI. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br>. Acesso em 08 de junho de 2021.
- BRASIL. Conselho Nacional de Reserva da Biosfera da Caatinga. Cenários para o Bioma Caatinga. Recife: SECTEMA, 2004. 283p.
- BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 08 de junho de 2021.
- CANONGIA, C.; ANTUNES, A.; PEREIRA, M. N. Gestão da informação e monitoramento tecnológico: o mercado dos futuros genéricos. *Revista Parcerias Estratégicas*, n.15, p.93-110, 2002.
- CARVALHO, P. E. R. Juazeiro - *Ziziphus joazeiro*. 2007. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/cirtec/edicoes/-Circular139.pdf>. Acesso em: 02 de junho de 2021.
- CAVALCANTE, J. A.; NETO, E. N. R.; SILVA, D. A. D.; NEGREIROS, J. K. S.; PEREIRA, T. S.; COSTA, N. A. Obtenção do pó do suco da polpa e casca do Juá. Depositante: Universidade Federal da Paraíba. BR1020180759914. Depósito: 13 de dezembro de 2018. Publicação: 23 de junho de 2020. INPI. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br>. Acesso: em 08 de junho de 2021.

CAVALCANTE, J. A.; MUNIZ, A. O.; COSTA, N. A.; MANGUEIRA, E. R.; MORAIS, M. A. P.; LEITE, A. C. N. Processo de produção de pó da folha do Juá. Depositante: Universidade Federal da Paraíba. BR1020180745050. Depósito: 27 de novembro de 2018. Publicação: 09 de junho de 2020. INPI. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br>. Acesso em 08 de junho de 2021.

CNIP. Imagens do *Ziziphus Joazeiro* (Juazeiro), galho com frutos, folhas e flores da planta Juazeiro. Disponível em: http://www.cnip.org.br/banco_img/juazeiro/zizyphusjoazeiromart6.html. Acesso em: 08 de junho de 2021.

DANTAS, D. L.; SILVA, A. P. F.; CAMPOS, A. R. N.; DANTAS, D. L.; SANTANA, R. A. C.; FREITAS, J. C. R. Inovação e Propriedade Intelectual do Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*): um estudo realizado em periódicos científicos e em bancos de patentes. Caderno de Prospecção, v.14, n.1, p.142-152, 2021.

DANTAS, F. C. P.; TAVARES, M. L. R.; TARGINO, M. S.; COSTA, A. P.; DANTAS, F. O. *Ziziphus joazeiro* Mart. Rhamnaceae: características biogeoquímicas e importância no bioma Caatinga. Revista Principia, n.25, p.51-57, 2014.

Diário do Nordeste. O valor da Caatinga em pé. Disponível em: <http://blogs.diariodonordeste.com.br/o-valor-da-caatinga-em-pe>. Acesso em: 08 de junho de 2021.

DINIZ, V. M.; GOMES, J. P.; LEÃO, D. A. S.; CONRADO, L. S.; MUNIZ, M. B.; ALEXANDRE, H. V.; BRITO, A. A. Obtenção da farinha da polpa e óleo da semente do *Ziziphus joazeiro* Mart. Depositante: Universidade Federal de Campina Grande. BR102018005557. Depósito: 21 de março de 2018. Publicação: 08 de outubro de 2019. INPI. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br>. Acesso em 08 de junho de 2021.

DINIZ, V. M. Processamento do fruto do juazeiro para obtenção da farinha e do óleo. 83f. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2016.

FEITOZA, J. V. F.; ARAÚJO, J. S. F.; QUEIROGA, I. M. B. N.; SANTANA NETO, D. C. O juá e seu potencial diversificativo através da tecnologia de conservação dos alimentos. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido. Diversidade, 1, 2016, Campina Grande, Anais... Campina Grande, 2016.

FIGUEIRÊDO, L. S. Influência dos sítios de estabelecimentos na forma das plantas de populações simpátricas da caatinga. 46f. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2000.

FILIZOLA, B. de C.; SAMPAIO, M. B. Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável de cascas. Cartilha Embrapa. Instituto Sociedade, População e Natureza, v.1. p.14-17, 2015.

GONÇALVES, A. L. Estudo da atividade antimicrobiana de algumas árvores medicinais nativas com potencial de conservação/recuperação de florestas tropicais. 209 f. Tese (Ciências Biológicas). Instituto de Biociências. Universidade do Estado de São Paulo. Rio Claro, 2007.

GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? Psicologia: Teoria e Pesquisa, v.22, n.2, p.201-209, 2006.

- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Caatinga: a caatinga é um ecossistema único com ocorrência de rica vegetação em região semiárida. Disponível em: <www.ibama.org.br>. Acesso em: 29 de maio 2021.
- INPI. Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br>. Acesso em: 07 de junho de 2021.
- LEITE, A. V.; MACHADO, I. C. Biologia reprodutiva da “catingueira” (*Caesalpinia pyramidalis* Tul., *Leguminosae-Caesalpinioideae*), uma espécie endêmica da Caatinga. *Revista Brasil. Bot.*, v.32, n.1, p.79-88, 2009.
- LEITE, M. L. M. V.; SILVA, D. S.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; RAMOS, J. P. F. Caracterização da produção de palma forrageira no Cariri Paraibano. *Revista Caatinga*, v.27, n.2, p.192-200, 2014.
- LORENZI, H. E. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5.ed. v.1. Nova Odessa, Instituto Plantarum. 2009. 296p.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. 2 ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum. 2008. 512p.
- MAIA, G. N. Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades. 1.ed. São Paulo. Editora Leitura e Arte, 2004. 413p.
- MAIA, L. A.; GURGEL, P. N. C. T. Um olhar sobre a utilização de plantas forrageiras da caatinga como estratégia de convivência com a seca no Alto-Oeste Potiguar. *Revista GEO Temas*, v.3, p.31-43, 2013.
- MACHADO, A. V.; OLIVEIRA, E. L.; SANTOS, E. S.; OLIVEIRA, J. A.; FREITAS, L. M. Estudo cinético da secagem do pedúnculo de caju e um secador convencional. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.5, p.36-42, 2010.
- MATOS, F. J. A. Plantas medicinais. Guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil. Fortaleza, UFC. 2000. 346p.
- MOREIRA, E. R. F. Mesorregiões e Microrregiões da Paraíba: delimitação e caracterização. João Pessoa: GAPLAN, 1988. 64p.
- MOREIRA, E. R. F.; TARGINO, I. Capítulos de geografia agrária da Paraíba. João Pessoa: Editora Universitária, UFPB, 1997. 332p.
- NADIA, T. L.; MACHADO, I. C.; LOPES, A. V. Fenologia reprodutiva e sistema de polinização de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae): atuação de *Apis mellifera* e de visitantes florais autóctones como polinizadores. *Acta Botânica Brasílica*, v.21, n.4, p.835-845, 2007.
- NEGREIROS, J. K. S.; CAVALCANTE, J. A.; BONFIM, K. S.; VASCONCELOS, L. F. S.; MOREIRA, M. F.; COSTA, N. A.; SILVA, P. B.; PEREIRA, T. S. Obtenção do pó da entrecasca do Juá (*Ziziphus joazeiro*) através da secagem em camada de espuma. Depositante: Universidade Federal da Paraíba. BR102017023344. Depósito: 30 de outubro de 2017. Publicação: 04 de junho de 2019. INPI. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br>. Acesso em 08 de junho de 2021.
- PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: *Ecologia e conservação da Caatinga*. (Eds) LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Editora Universitária, UFPE, Recife, p.3-73. 2003.

QUESTEL ORBIT. Disponível em: <<https://www.orbit.com/>>. Acesso em: 07 de junho de 2021.

SANTOS, J. P. Riqueza e Distribuição de Espécies Úteis no Semiárido do Nordeste do Brasil. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2006.

SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; ATHAYDE, M. L.; SIMÕES, C. M.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 3.ed. Porto Alegre/Florianópolis: UFRGS/UFSC, 2011. p.597-619.

SOARES, A. F. B.; SILVA, J. N. Estudo e Monitoramento da Geração de Tecnologias Utilizando Plantas do Gênero *Jatropha*. Cadernos de Prospecção, v.12, n.2, p.413, 2019.


WWF. Fundo Mundial para a Natureza. Caatinga. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/>. Acesso em: 07 de junho de 2021.

CAPÍTULO VI

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DO ANGICO-BRANCO (*ANADENANTHERA COLUBRINA* (VELL) BRENNAN)


Safira Mabel Bezerra Farias

Mestranda no PROFNIT, IFPB, Campina Grande-PB, safmab@gmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/7993058994896376>


Aldre Jorge Morais Barros

Dr. Prof. UFCG, Sumé-PB, aldre.jorge@professor.ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0001-6861-1228>


José Nilton Silva

Dr. Prof. UFCG, Campina Grande-PB, nilton@eq.ufcg.edu.br

 <http://lattes.cnpq.br/7853090239572747>

George do Nascimento Ribeiro

Dr. Prof. UFCG, Campina Grande-PB, george@ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-5062-5434>

Introdução

Anadenanthera Colubrina (Vell) Brenan, é uma das espécies do gênero *Anadenanthera*, da família *Leguminosae* (ou *Fabaceae*), subfamília *Mimosaceae*. Nativa da flora brasileira, tipicamente do bioma Caatinga, é conhecida popularmente como angico-branco. Também possui uma variada sinonímia botânica, a exemplo de *Acacia Cebil* Griseb, *Piptadenia macrocarpa* Benth, *Mimosa Colubrina* Vellozo; *Piptadenia Colubrina* (Vell). Etimologicamente, *Anadenanthera* significa antera sem glândula e *Colubrina* vem do latim *colubra*, em referência ao animal cobra. A depender da sua localidade no Brasil, é conhecida e confundida com variações da sua espécie como nomes vernáculos de apenas angico, angico-vermelho, monjoleiro, angico-liso, angico-bravo, angico-cedro, etc., mas, o que os distingue, são as características das folhas, flores e frutos (MOTA et al., 2017; CARVALHO, 2002; CORADIN et al., 2018).

Originário da América do Sul, segundo Queiroz (2009), o gênero neotropical *Anadenanthera* é reconhecido pela combinação de flores diplostêmones, folhas com nectário peciolar, inflorescência em glomérulo, fruto do tipo folículo e sementes compressas com ala estreita e marginal. Segundo o mesmo autor, especificamente no Brasil, a espécie *Anadenanthera Colubrina* (Vell) Brenan tem sua ocorrência

em florestas estacionais, principalmente na região nordeste onde se predomina o Semiárido, cuja vegetação característica é o da Caatinga. Também é encontrada nos biomas da Mata Atlântica, Cerrado, Pantanal Mato-Grossense (BRITO et al., 2016; MOTA et al., 2017).

Conforme IBGE (2018), devido às condições climáticas pluviométricas característica da semiaridez, a região delimitada para o clima do Semiárido brasileiro encontra-se na região nordeste, exceto o Estado do Maranhão, e na região sudeste, apenas norte de Minas Gerais e Espírito Santo, e está associado ao bioma da Caatinga.

Este bioma, exclusivamente brasileiro, ocupa uma extensa área e é composto por xenófilos de vegetação adaptada à escassez e possui uma grande diversidade, ocupando parte dos territórios dos nove estados do Nordeste e parte de Minas Gerais. Assim, pelas características da vegetação pode ser conceituada com um tipo de floresta de porte baixo e apresenta uma grande variação fisionômica e florística. A família *Leguminosae*, da qual faz parte *A. Colubrina (Vell) Brenan* possui o maior número de espécies e é mais frequente na Caatinga (GIULIETTI et al., 2006; QUEIROZ, 2009).



Figura 2. Ocorrência e cultivo de *A. Colubrina (Vell) Brenan* no Brasil. Fonte: viveiro mudar

É uma árvore heliófila, de copa espalhada com galhos curvados, tronco reto, de altura média de 20m, porém na região da Caatinga pode ser de 3 a 15 metros. Sua casca de até 20mm de espessura tem variações tanto na coloração como na textura. É lenhosa, e sua madeira é densa e resistente possuindo durabilidade o qual faz ser muito utilizada na indústria madeireira, na marcenaria, embalagem, lenhas, carvão, na construção civil e naval (BRITO et al., 2016; PIRES NETO et al., 2016; MEDEIROS et al., 2016).



Figura 2. *Anadenanthera Colubrina (Vell) Brenan* – Angico-Branco.

Fonte: Adaptado de Nascimento (2018).

Segundo Carvalho (2002), as flores dessa espécie são pequenas, odoríferas e com cores de tons branco a amareladas cujo florescimento se dá após três anos depois de plantada. Atrai abelhas por ser uma planta melífera promovendo o auxílio nas comunidades desses insetos e outros (BRITO et al., 2016; CORADIN et al., 2018).

As características botânicas dos seus frutos são descritas por Pires Neto (2016) de que são secos e deiscentes. Suas sementes são escuras, brilhantes e achatadas, não apresentam dormência, germinando rapidamente. Apresentam alta produção anual, geralmente entre os meses de agosto e setembro (BISPO et al., 2017).



Figura 3. Flores, folhas e frutos da *Anadenanthera Colubrina (Vell) Brenan* – Angico-Branco.

Fonte: Adaptado de Coradin (2018).

A. Colubrina (Vell) Brenan é muito utilizada na medicina popular, a resina é usada como remédio contra tosse, bronquite, afecções do pulmão e das vias respiratórias. Quanto à sua casca, em infusão tem propriedades sedativas e é usada contra gonorreia, diarreia e disenterias. Também é utilizado para dor de dente. Em forma de chá e xarope é usada para o combate ao reumatismo (SILVA et al., 2019; CORADIN et al., 2018).

As sementes têm substâncias psicoativas, com propriedades narcóticas, tradicionalmente utilizadas em rituais indígenas (QUEIROZ, 2009).

De acordo com Carvalho (2002), ainda quanto às propriedades da casca de *A. Colubrina (Vell) Brenan*, destaca-se a presença da substância química tanino, utilizada no processo de curtimento de couros, sendo essa espécie de angico a que possui o maior teor dentre elas, de até 32%. Também são extraídos da casca corantes para fabricação de tintas.

No paisagismo pode ser utilizada na arborização devido a seu crescimento moderado. Na recuperação de áreas degradadas, controle de erosão e conseqüentemente o melhoramento do solo, destaca-se como espécie nativa brasileira proeminente com esse potencial (CHRISTOFORO et al., 2017; NERY et al., 2018).

Conforme estudo de Bispo et al. (2017) essa leguminosa, destaca-se por ser uma das principais espécies não endêmicas exploradas principalmente no interior do Nordeste, e detém potencial valor econômico para a sociedade, o que motivou a produção de uma prospecção tecnológica visando conhecer quais tecnologias foram desenvolvidas com o uso da espécie *A. Colubrina (Vell) Brenan*.

A prospecção tecnológica é um mecanismo que visa, dentre outras vantagens, no auxílio do processo visionário quanto à tomada de decisões de longo prazo referente à estratégia de pesquisa, desenvolvimento e inovação dentro de uma organização. O estudo de monitoramento tecnológico, portanto, é uma ferramenta de prospecção eficaz, pois permite a obtenção de dados sobre o panorama tecnológico a nível global (QUINTELLA et al., 2009; PORTER, 2004).

As informações geradas a partir da análise de documento de patentes proporcionam auxílio ao levantamento do estado da técnica das tecnologias que utilizam a espécie *A. Colubrina (Vell) Brenan*, que, juntamente com o estado da arte disponível, possibilitam identificar os estados de desenvolvimento tecnológico, novas tecnologias, tendências, investimentos, dentre outras.

Neste contexto, esse trabalho objetiva apresentar uma prospecção tecnológica numa análise da aplicabilidade e o panorama das tecnologias desenvolvidas com o uso *A. Colubrina (Vell) Brenan*, considerando seu estado de técnica no contexto nacional e internacional, utilizando a plataforma de busca de pedidos de patentes QuestelOrbit®.

Material e Métodos

Neste trabalho foi utilizada a prospecção tecnológica realizando um levantamento sobre patentes utilizando a plataforma QuestelOrbit®. Consistiu inicialmente na busca utilizando as palavras-chave *Anadenanthera, colubrina, angico, angico-branco*, além do sinônimo botânico *Piptadenia*

colubrina, sequencialmente, com o auxílio dos operadores booleanos “AND” e “OR”, para melhor filtragem na plataforma, considerando o período de publicações entre os anos de 2001 e 2021.

Diante da variabilidade da espécie e suas denominações vulgares, foi primordial a verificação dos artigos científicos quanto a nomenclatura científica mais adequada e aceita para o angico-branco, qual seja, a espécie *Anadenanthera Colubrina (Vell) Brenan*. Foi utilizada a base de periódicos Web of Science com as mesmas palavras-chave citadas e os operadores booleanos para filtragem, considerando os últimos cinco anos de publicação e a revisão por pares visando estudos mais contundentes.

Foi realizada a leitura e análise das patentes com o objetivo de extração de informações acerca da evolução de patentes por ano, perfil dos depositantes, distribuição por país e características tecnológicas.

Resultados e Discussão

No levantamento dos documentos de patentes foram consideradas apenas as que a espécie *Anadenanthera Colubrina* foi citada, num total de 14 depósitos e ressalta-se que dentre essas, apenas 1 (uma) foi identificada usando o termo genérico “*Anadenanthera sp*” da qual não foi possível identificar sua espécie

Examinadas as patentes selecionadas, a primeira análise refere-se ao quantitativo de depósitos anuais retratando a evolução nos últimos 20 anos. É possível observar na Figura 4 que o número das tecnologias desenvolvidas patenteadas com alguma referência à *A. Colubrina (Vell) Brenan* é baixo e praticamente se mostrou estável, exceto no ano de 2016 (2 patentes) e 2019 (3 patentes), que foi o ápice. Há que se destacar que desde 2017 a tendência do interesse mostra-se maior devido à ausência de intervalos de publicações entre os anos. Ressalta-se que, considerando o período de sigilo de até 18 meses, a ausência de publicações até junho de 2021 deve ser considerada para posterior análise de dados.

Observa-se também que, historicamente, a primeira patente publicada foi datada de 2003, considerando a busca de patentes anterior ao período delimitado na presente pesquisa. De origem americana, a 1ª depositante foi a University of Minnesota, com tecnologia da área da Farmacêutica, conforme International Patent Classification – IPC.

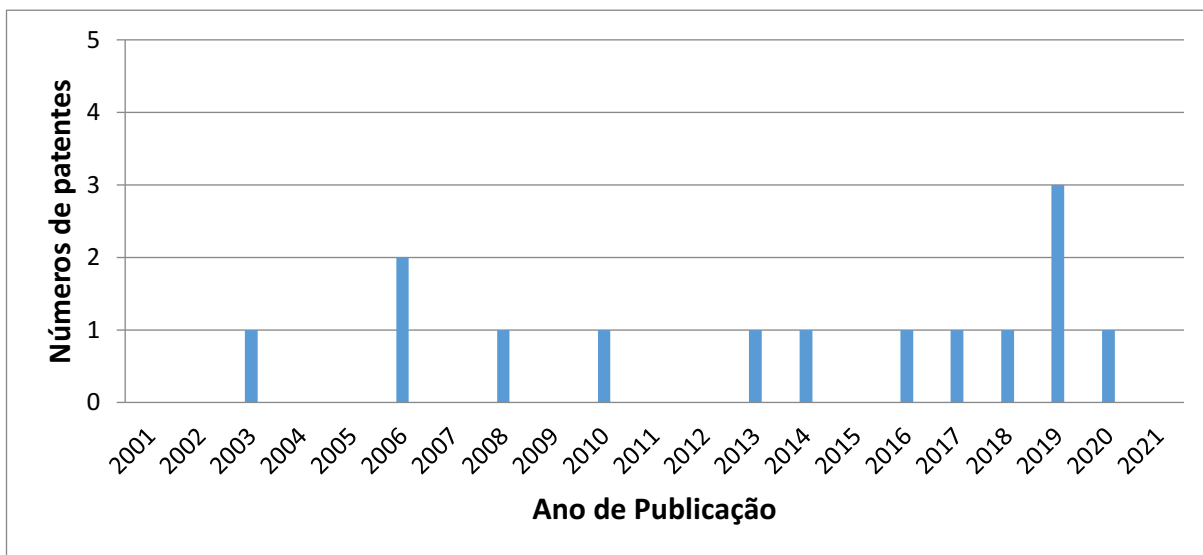


Figura 4. Quantitativo de patentes por ano de publicação. Fonte: QuestelOrbit® (2021).

A Figura 5 apresenta os países de origem dos depositantes. Apesar da predominância no Brasil, o país que se destaca com maior quantidade de pedidos de patentes são os Estados Unidos, com 43% (6 patentes), e em seguida o Brasil, detentor de 30% (5 patentes).

Vale ressaltar que há um depósito de patente com situação de pendência de registro, e sua origem é da União Europeia (EP3708150) que consiste num conglomerado político-administrativo de 27 países-membros.

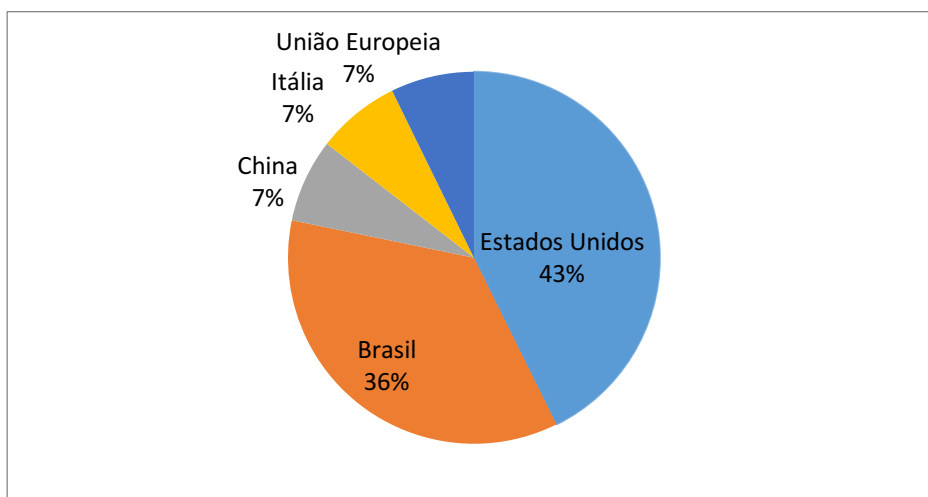


Figura 5. Representação de patentes por países depositantes. Fonte: QuestelOrbit® (2021).

Em relação às principais instituições, a Tabela 1 apresenta as 11 depositantes. O destaque está nas instituições brasileiras pois a maioria é representada por universidades ou centro de pesquisas como a Universidade Federal de Ouro Preto-UFOP, a Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, a Universidade Federal de Sergipe-UFS e a Universidade Federal de Viçosa-UFV.

De acordo com Muller e Perucchi (2014), os NIT's - Núcleos de Tecnologia e Inovação inseridos nas ICT's - Instituições de Ciência e Tecnologia, são meios de difusão relevantes para orientação estratégica acerca da proteção da propriedade intelectual através das patentes.

Tabela 1. Instituições detentoras das patentes

| Instituições | |
|--|--|
| 1.Chemyunion Química | 7. UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto |
| 2. Genfit | 8. UFPE – Universidade Federal de Pernambuco |
| 3. Hebron Farmacêutica, Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação | 9. UFS– Universidade Federal de Sergipe |
| 4. Institute Tecnológico das Cadeias Biossustentáveis | 10. UFV – Universidade Federal de Viçosa |
| 5. Kunming Institute of Botany Chinese Academy of Sciences | 11.University of Minnesota |
| 6. Oxygen innovation | |

Fonte: QuestelOrbit® (2021).

Quanto às características tecnológicas, na Figura 6 são identificadas 11 diferentes áreas tecnológicas relacionadas ao uso de *A. Colubrina (Vell) Brenan* e sua distribuição por números de patentes que pode abranger mais de uma área. Sobre a predominância dos tipos de áreas, sobressaem-se a Farmacêutica (6 patentes), Química Orgânica (3 patentes), Biotecnologia (2), Tecnologia Médica (2).

Observa-se o interesse com tecnologias voltadas à principalmente à área da saúde de forma geral pois diante das propriedades e utilização na medicina, conforme Silva et al. (2019), esta planta possui propriedades anti-inflamatórias, antifúngicas e antinociceptiva. É o que se observa, por exemplo, nas patentes EP1978954, BRPI0605952 e BR102013010984. Também foram mencionadas outras áreas, porém de menor frequência.

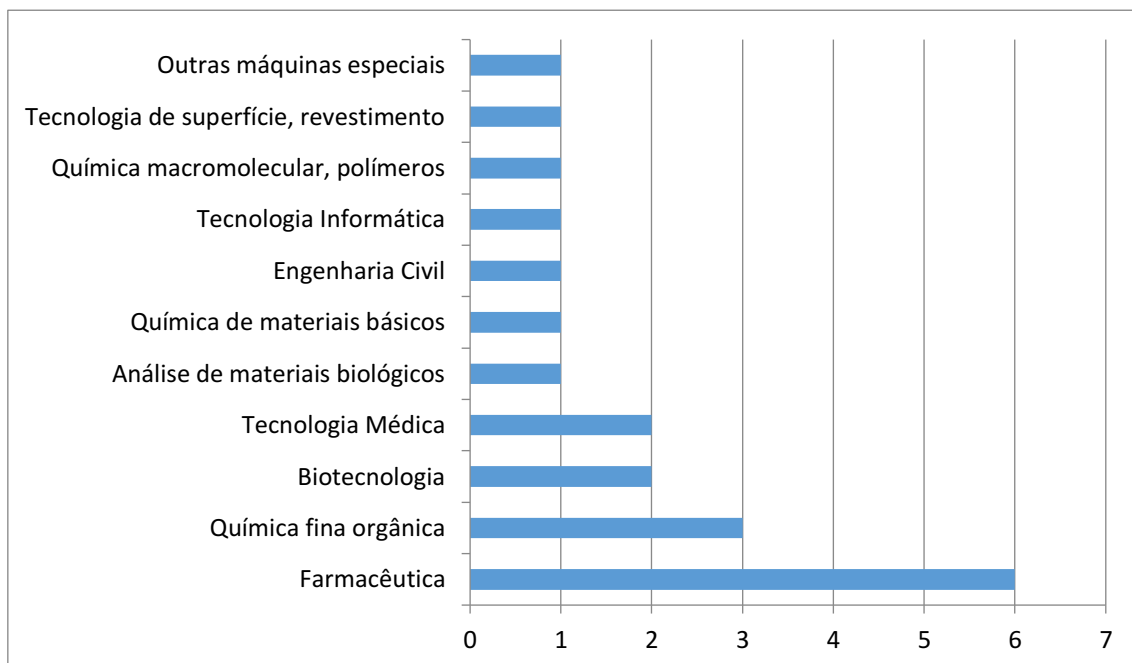


Figura 6. Representação de patentes por área tecnológica. Fonte: QuestelOrbit® (2021).

As cinco patentes brasileiras voltaram-se às propriedades medicinais e tiveram como principal matéria-prima e/ou em composição com outras plantas, o extrato da casca como ação cicatrizante, anti-inflamatória, antibacteriana, formulações dermocosméticas antimicrobianas e, inclusive na medicina veterinária para controle de parasitas e patógenos conforme patente BR102015007047.

Em relação às propriedades de sua madeira, foi observada expressamente apenas 1 patente, de origem americana (US10590648 B2).

É possível observar na Figura 7, as principais utilizações de *A. Colubrina (Vell) Brenan* em relação aos 14 depósitos de patentes sobre suas propriedades cujo destaque é na utilização da sua casca.

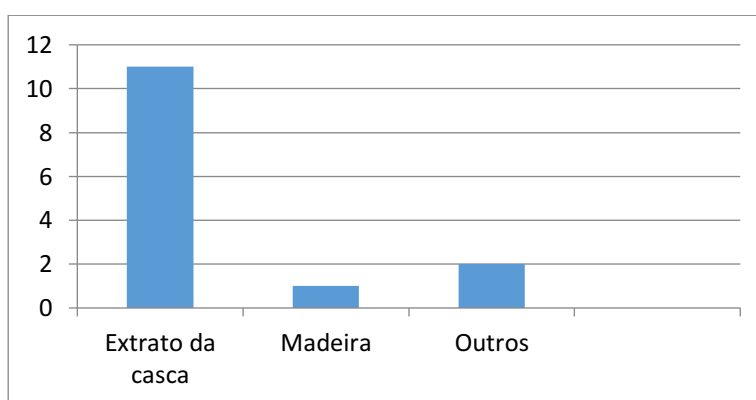


Figura 7. Representação da utilização da matéria-prima nas patentes. Fonte: QuestelOrbit® (2021).

As principais aplicações ou campos tecnológicos foram encontrados em 7 grupos e estão representadas na Figura 8. As principais aplicações da *A. Colubrina (Vell) Brenan* estão inseridas nos campos: A61K- 36/00 - Preparações medicinais de constituição indeterminada contendo material de

algas, líquenes, fungos ou plantas, ou seus derivados, e medicamentos fitoterápicos tradicionais e A61K-8/00 – Cosméticos ou produtos de toalete semelhantes, ambos encontrados em 23% das patentes. Demais campos tecnológicos foram menos explorados, porém a maioria ligada ao A61K – Preparações para fins médicos, odontológicos ou de toalete.

Essas tecnologias desenvolvidas resultam das características apresentadas na composição da planta, extraído da sua casca, que constitui a principal matéria-prima da *A. Colubrina (Vell) Brenan*.

Estudos fitoquímicos já realizados do extrato da casca como das folhas revelaram a presença de várias classes de metabólitos secundários como alcaloides, esteroides, triterpenóides, flavonoides como a quercetina, compostos fenólicos, entre outros, o que possibilitou pesquisas para agregar novas tecnologias, como por exemplo, a produção do extrato seco padronizado por spray-drying a partir das folhas da espécie (SOUZA, 2018).

A maior parte dos trabalhos publicados referente à utilização de *A. Colubrina (Vell) Brenan*, apresentam a descrição botânica da planta medicinal, seu uso popular, as indicações terapêuticas, as formas de apresentação. Destaca-se também o potencial fitoterápico, cujos produtos extraídos possuem a finalidade profilática, curativa ou paliativa (BISPO et al. 2017). Essa constatação pode ser observada, por exemplo, na patente brasileira BR200605952A cuja tecnologia é a produção de um cicatrizante biofármaco fitoterápico.

Corroborando com o que afirma Coradin et al. (2018) de que há interesses econômicos tantos nos produtos madeireiros quanto não-madeireiros, o estudo de Christoforo et al. (2017) determina as propriedades físicas da madeira de *A. Colubrina (Vell) Brenan* na sua caracterização, demonstrando seu potencial de uso em diversas aplicações.

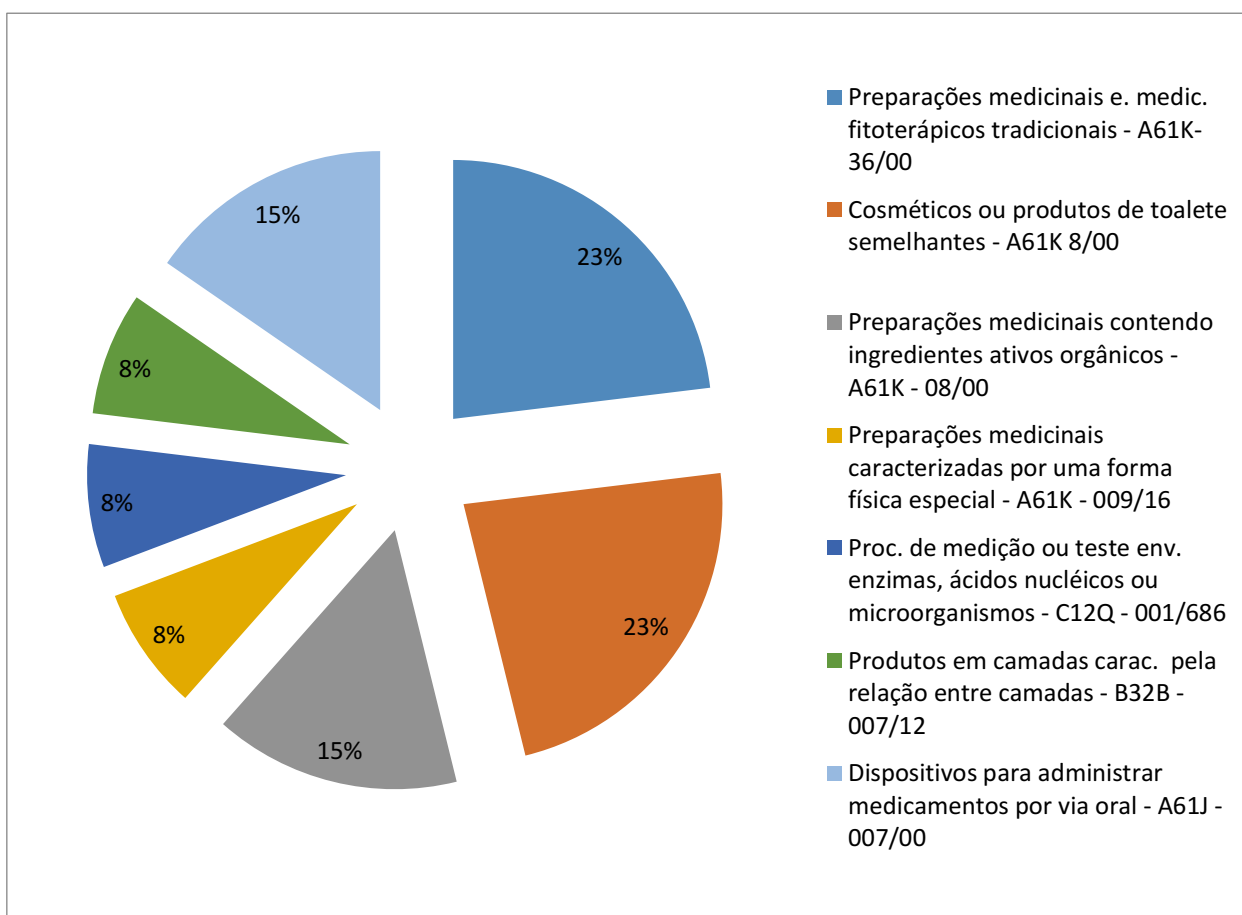


Figura 8. Representação de patentes por campo tecnológico - conforme IPC.

Fonte: QuestelOrbit® (2021).

Conclusão

O uso de *Anadenanthera Colubrina (Vell) Brenan* (angico-branco) apresentou-se estar diretamente relacionado à área farmacêutica e apresentou como matéria-prima principal sua casca, na forma de extrato.

Na análise dos registros de tecnologias com depósitos de patentes pode-se verificar que não há um número significativo de tecnologias patenteadas relacionadas à espécie nos últimos 20 anos frente às propriedades da planta. Em alguns anos (2004, 2005, 2007, 2009, 2011, 2012 e 2015) não foram detectados nenhum documento de patentes no QuestelOrbit®. O maior número de patentes registrados foi em 2019.

No *ranking* de depósitos, os Estados Unidos ocuparam a 1ª posição, e em sequência o Brasil em 2º quanto ao país de origem dos depositantes. No Nordeste, das instituições depositantes, apenas detectou-se a Universidade Federal de Pernambuco–UFPE e a Universidade de Federal de Sergipe–UFS, com uma patente cada.

Referências

- BISPO, J. S.; COSTA, D. C. C.; GOMES, S. E. V.; GILMARA, M. O.; MATIAS, J. R.; RIBEIRO, R. C.; DANTAS, B. F. Size and vigor of *Anadenanthera Colubrina* (Vell.) Brenan seeds harvested in Caatinga areas. *Journal of Seed Science*, v.39, n.4, p.363-373, 2017.
- BRITO, S. L. L. S.; SILVA, V. E. P. S. G.; MONTE, P. M. P. M.; SILVA, L. Potencial do uso medicinal tradicional do angico (*Anadenanthera Colubrin*) e da aroeira (*Myracrodruon Urundeuv*) no Sertão Central Cearense. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 1, 2016, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2016.
- CARVALHO, P. E. R. Angico Branco: taxonomia e nomenclatura. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. (Circular Técnica nº 56).
- CHRISTOFORO, A. L.; AFTIMUS, B. H. C.; PANZERA, T. H.; MACHADO, G. O.; LAHR, F. A. R. Physico-mechanical characterization of the *Anadenanthera Colubrina* wood specie. *Eng. Agríc.*, v.37, n.2, p.376-384, 2017.
- CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Ed.). Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste. Brasília, DF: MMA, 2018. (Série Biodiversidade, 51). Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/fauna-e-flora/copy_of_LivroNordeste21122018.pdf. Acesso em: 29 jun. 2021.
- GIULIETTI, A. M.; NETA, A. L. B.; CASTRO, A. A. J. F. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. 2006. 72p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Semiárido Brasileiro. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=o-que-eh>. Acesso em: 05 jul. 2021.
- MEDEIROS, R. L. S.; SOUZA, V. C.; BARBOSA NETO, M. A.; ARAÚJO, L.; BARBOSA, A. S.; MEDEIROS, R. L. S. Estrutura da regeneração natural de *Anadenanthera colubrina* em fragmento de brejo de altitude em Bananeiras, PB. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.36, n.86, p.95-101, 2016.
- MOTA, G. S.; SARTORI, C. J.; MIRANDA, I.; QUILO, A. T.; MORIF, A.; PEREIRA, H. Bark anatomy, chemical composition and ethanol-water extract composition of *Anadenanthera peregrina* and *Anadenanthera colubrina*. *Plos One*, 2017.
- MUELLER, S. P. M.; PERUCCHI, V. Universidades e a produção de patentes: tópicos de interesse para o estudioso da informação tecnológica. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v.19, n.2, p.15-36, 2014.
- NASCIMENTO, J. P. B.; BISPO, J. S.; DANTAS, B. F. Angico: *Anadenanthera Colubrina* var. *Cebil* (Vell) Brenan. Vitória: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 2018. (Nota Técnica nº 10).
- NERY, F. C.; NERY, M. C.; PRUDENTE, D. O.; ALVARENGA, A. A.; PAIVA, R. Morphological and physiological germination aspects of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. *Not Bot Horti Agrobo*, v.46, n.2, p.593-600, 2018.


- PIRES NETO, P. A. F.; PIRES, V. C. M.; MORAES, C. B.; OLIVEIRA, L. M.; PORTELLA, A. C. F.; NAKAGAWA, J. Physiological ripening of *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan seeds. *Journal of Seed Science*, v.38, n.2, p.155-160, 2016.
- PORTER, A. L.; ASHTON, W. B.; CLAR, G.; COATES, J. F.; CUHLS, K.; CUNNINGHAM, S. W.; DUCATEL, KEN.; DUIN, P.; GEORGEHIOU, L.; GORDON, T.; LINSTONE, H.; MARCHAU, V.; MASSARI, G.; MILES, I.; MOGEE, M.; SALO, A.; SCAPOLO, F.; SMITS, R.; THISSEN, W. Technology futures analysis: towards integration of the field and new methods. *Technological Forecasting and Social Change*, v.49, p.289-290, 2004.
- QUEIROZ, L. P. Leguminosas da caatinga. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santa, 2009.
- QUINTELLA, C. M. A. L. T. M. H; TEIXEIRA, L. S. G; KORN, M. G. A.; COSTA NETO, P. R.; TORRES, E. A.; CASTRO, M. P.; JESUS, C. A. C. Cadeia do biodiesel da bancada à indústria: uma visão geral de prospecção de tarefas e oportunidades para P&D&I Biodiesel. *Revista Química Nova*, v.32, n.3, p.793-808, 2009.
- SILVA, D. R.; ROSALEN, P. L.; FREIRES, I. A.; SARDI, J. C. O.; LIMA, R. F.; LAZARINI, J. G.; COSTA, T. K. V. L.; PEREIRA, J. V.; GODOY, G. P.; COSTA, E. M. M. B. *Anadenanthera Colubrina Vell Brenan*: anti-candida and antibiofilm activities, toxicity and therapeutic alactionas. *Braz. Oral Res.*, v.33, e023, 2019.
- SOUZA, V. G. Tecnologias de produção e controle de qualidade da matéria-prima vegetal, obtida a partir das folhas do angico (*Anadenanthera Colubrina (Vell) Brenan var. cebil (Griseb.) Altschul*). 139f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Inovação Tecnológica em Medicamentos). Centro de Ciências da Saúde. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2018.
- VIVEIRO MUDAR. Angico-Branco, 2021. Mudar. Disponível em: <http://www.viveiromudar.com.br/mudas/7>. Acesso em: 05 ago. 2021.

CAPÍTULO VII

DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU-MIRIM, NO NORDESTE BAIANO


Adeid Rodrigues Santos Silva

Professora Substituta Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, IFBA, Mestranda em Ciências Ambientais, UEFS, Engenharia Ambiental, adeidrodrigues@ifba.edu.br

 <http://lattes.cnpq.br/9500338502818655>


Kelly Silva D'Esquivel

Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, Engenheira Ambiental, Mestranda em Ciências Ambientais, UESB, desquivelkelly@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1507-8842>


Luana Daniella Silva Almeida

Especialista em Geoprocessamento, Geógrafa, UFS, São Cristóvão-SE, geografaluanaalmeida@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-0221-9001>


Marina Aparecida Costa Lima

Professora Mestre em Engenharia Agrícola, Engenheira Ambiental, IFBA, Jacobina-BA, marina.aparecida@ifba.edu.br

 <http://lattes.cnpq.br/8358821578781180>

Raiãnnata Machado Figueiredo

Mestranda em Ciências Ambientais, Engenheira Ambiental, UEFS, Feira de Santana-BA, raiannatamachado@gmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/5417764870325533>

Introdução

O acelerado processo de desenvolvimento da sociedade tem provocado desequilíbrios na natureza. Para atender suas necessidades, o homem utiliza-se, de diferentes maneiras, dos recursos naturais e como consequência do uso, diversos efeitos são gerados sobre o meio ambiente, que a depender de sua intensidade e duração, podem ser sentidas a nível local, regional ou global (ORTEGA & CARVALHO, 2013).

De acordo com Lollo et al. (2018), diversos problemas associados à degradação ao meio ambiente são decorrentes da ausência de mecanismos de conservação e proteção dos recursos naturais, somada a adoção de condições não apropriadas às condições naturais de uso e cobertura da

terra. Os autores afirmam ainda que, o uso indiscriminado dos componentes ambientais, sem a devida preocupação com os impactos gerados por essa intervenção, é fruto da visão utilitarista da natureza implementada pelas sociedades humanas ao longo dos séculos.

Segundo Araújo et al. (2009), para a avaliação do nível de degradação ambiental que uma bacia hidrográfica está sofrendo, ou contribuindo para que outras sofram, o estudo das características fisiográficas desta e seu uso e ocupação são fatores fundamentais. Os autores destacam ainda que, as bacias hidrográficas da América do Sul, particularmente no Brasil, nos últimos anos, vêm sendo alteradas de maneira expressiva em razão do desenvolvimento industrial, falta de planejamento nas cidades e do crescimento acelerado da população, juntamente com diversas outras atividades antrópicas, com poder de impacto significativo, que se instalam, de forma não planejada, ao longo das bacias.

A pontualização de problemas difusos, decorrente do processo de subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em unidades menores (sub-bacias) facilita a identificação de áreas com foco de degradação dos recursos ambientais e o grau de comprometimento das mesmas (FERNANDES & SILVA, 1994 *apud* ARAÚJO et al., 2009).

Deste modo, a avaliação das alterações da dinâmica de uso e cobertura da terra constitui um instrumento de extrema importância na elaboração de estudos ambientais, visto que permite uma análise criteriosa da degradação do solo e da sua influência nos processos hidrológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos e florestais; auxiliando na implantação de políticas de planejamento ambiental nas bacias hidrográficas (LOLLO et al., 2018). Assim, a busca por soluções que visem a mitigação, ou eliminação, dos impactos ambientais negativos, provenientes de um modelo insustentável de uso e ocupação da terra, são urgentes e requer toda a atenção da sociedade (GONÇALVES et al., 2012).

De acordo com Gonçalves et al. (2012), a utilização de geotecnologias tem propiciado a aquisição e produção de informações cartográficas, auxiliando no planejamento e monitoramento do uso da terra. O sensoriamento remoto é uma das principais ferramentas para detectar mudanças no uso e cobertura da terra, pois pode coletar uma grande quantidade de dados para análise em uma parte considerável do território. Kiel (2008), acredita que para detectar mudanças, é necessário comparar imagens de satélite do mesmo local adquiridas em diferentes períodos. Desta forma, o conteúdo alterado e o número de alterações podem ser identificados a partir das características espectrais do alvo.

Os métodos de levantamento de dados referentes ao uso da terra e à evolução da cobertura vegetal, desde a década de 1970, contam com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto, as quais possibilitam o estudo de espaços geográficos de dimensões significativas e de forma temporal (AQUINO et al., 2012). Nesse sentido, uma iniciativa no âmbito nacional é o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil - MapBiomass, que tem desenvolvido um banco de dados com informações de uso e cobertura da terra desde 1985, por meio de técnicas de sensoriamento

remoto e do processamento digital de imagens em nuvem, na plataforma Google Earth Engine, com qualidade nos mapas produzidos e informações de acesso livre (MAPBIOMAS, 2021).

Conhecer a dinâmica das modificações ocorridas ao longo dos anos, suas consequências e implicações na manutenção e conservação do meio ambiente torna-se fundamental diante dos desafios estabelecidos pelo atual contexto de conflitos e catástrofes oriundas da crescente demanda por recursos naturais. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo o estudo sobre o uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Itapicuru- Mirim a fim de verificar quais atividades mais influenciam na degradação ambiental.

Material e Método

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Itapicuru-Mirim (BHRIM) é uma das principais sub-bacias (Figura 1) da bacia hidrográfica do rio Itapicuru, uma das maiores bacias dos rios de domínio do estado da Bahia. Limita-se, ao norte, pelas bacias dos rios Vaza-Barris e São Francisco, a oeste com a bacia do rio São Francisco, ao sul com as bacias dos rios Inhambupe e Paraguaçu, e a leste com a bacia do rio Real e o Oceano Atlântico (MESTRINHO, 2008).

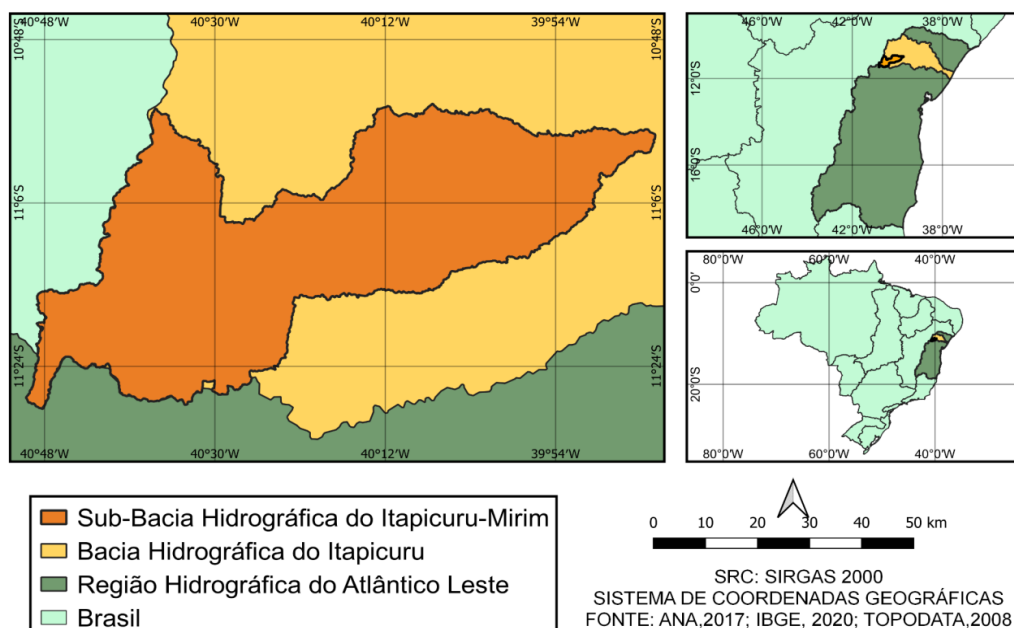


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Itapicuru-Mirim.

Fonte: adaptado de ANA (2017), IBGE (2020) e TOPODATA (2008).

As características hidrológicas, climáticas e geomorfológicas são bastante diferenciadas ao longo da bacia. A rede de drenagem é formada pelo rio Itapicuru e seus afluentes, principalmente o Itapicuru- Mirim e o Itapicuru Açú (MESTRINHO, 2008). Suas águas destinam-se ao abastecimento urbano e rural, abastecimento industrial, irrigação e dessedentação de animais.

A BHRIM possui uma área de 3.475,81 km², com um perímetro de 479,11 km, incluindo em sua

área oito municípios: Jacobina, Mirangaba, Caém, Miguel Calmon, Capim Grosso, Caldeirão Grande, Ponto Novo e Queimadas. O rio Itapicuru-Mirim nasce no município de Miguel Calmon, cruza o centro da cidade de Jacobina, e à jusante se interliga com o rio Itapicuru-Açu (SANTOS, 2015). Está inserida no bioma Caatinga, com predominância do clima semiárido, com precipitações que variam de 500 a 800mm por ano (BASTOS NETO, 2008).

A região semiárida brasileira é marcada por uma variabilidade interanual, ou seja, as chuvas se concentram em alguns meses do ano, o que, associado aos baixos valores totais anuais de chuva, contribuem, como uns dos principais fatores, para a ocorrência dos eventos de secas (SILVA et al., 2010) e é formada por uma vegetação do tipo mata seca e caducifólia (QUEIROZ, 2011).

Possui uma declividade média de 8,39%, um relevo ondulado, uma superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjuntos de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados (SANTOS et al., 2018). É composta principalmente pelos solos Latossolos, Argissolos e Neossolos (EMBRAPA, 2006). De acordo com Marques et al. (2014), os Latossolos e Argissolos possuem boa capacidade de armazenamento de água e bom potencial para uso com mecanização agrícola e agricultura irrigada, ocorrendo geralmente em relevos suave ondulado a plano, já os Neossolos são solos minerais pouco desenvolvidos, apresentando limitações ao uso agrícola e não agrícola, tais como: pequena profundidade efetiva e pequena capacidade de armazenamento de água, e alta suscetibilidade à erosão. Uma característica comum entre estes três tipos de solo é a baixa fertilidade natural.

A bacia hidrográfica do rio Itapicuru-Mirim abrange, também, parte do território de identidade Piemonte da Chapada Diamantina, região cuja predominância de uso fica entre o sisal, as policulturas e a pastagem. Além disso, possui a ocorrência de minerais como ouro, manganês e mármore (SEI, 2018).

Mapeamento do uso e cobertura da terra

Para o mapeamento de uso e cobertura da terra, os dados foram adquiridos no dashboard do projeto MapBiomas, desenvolvedores de uma série histórica de mapas anuais de uso e cobertura da terra a partir de mosaicos anuais de imagens LANDSAT com resolução de 30m (MAPBIOMAS, 2021). Para esse estudo foram utilizados três mapas anuais (1985-2000-2019) de cobertura da terra para o bioma Caatinga, e para cada ano recorte foi utilizado o limite da bacia.

A escolha dos anos supracitados foi determinada, primeiramente, pelo ano mais antigo contido na série (1985) e o ano recentemente lançado de 2019, período correspondente a três décadas em que se observou a dinâmica de uso e cobertura da terra na área de estudo. O mapa do ano de 2000 foi escolhido como intermediário, pois antecede o ano com um marco importante para a região, que foi a implantação da Barragem de Pedras Altas, situada junto ao povoado de Pedras Altas, na divisa entre os municípios de Capim Grosso e Caém. A obra foi realizada pela Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia - CERB e concluída em 2001, com uma extensão de 1.110 m por 23 m de altura (CERB, 2021).

O processo automático de delimitação da bacia foi realizado a partir da coleta de dados disponíveis em formato vetorial (2017) shapefile (shp) no site da Agência Nacional das Águas - ANA e de dados TOPODATA (2008), obtidos junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, mais precisamente a partir do Banco de dados Geomorfométricos do Brasil das quadrículas 10_42;11_42;10_45;11_405 referentes à área de estudo. Os dados TOPODATA foram baixados e armazenados em ambiente SIG em coordenadas do sistema UTM 24S, Datum SIRGAS 2000, no formato Geotiff. Estes foram processados utilizando as ferramentas disponíveis no software QGIS (3.16.8-Hannover), para obtenção do modelo digital de elevação (MDE) da bacia, e geração da delimitação da mesma a partir do seu exutório.

Em seguida, também com o uso do software QGIS (3.16.8-Hannover), os dados classificados pelo MapBiomas referente a cada ano de interesse foram reprojatados para o Sistema de Coordenadas UTM e Datum SIRGAS 2000 Zona 24S. Dessa maneira, obteve-se o valor, número e área dos pixels de cada classe de uso e cobertura, através da extração das tabelas dos arquivos raster obtidos.

A Figura 2 ilustra as classes de uso e cobertura da terra da legenda dos mapas anuais da Coleção 5 do MapBiomas utilizadas neste estudo.

| | |
|--|--|
| 1. Floresta | 3. Agropecuária |
| 1.1. Floresta Natural | 3.1. Pastagem |
| 1.1.1. Formação Florestal | 3.2. Agricultura |
| 1.1.2. Formação Savânica | 3.3. Mosaico de Agricultura e Pastagem |
| 2. Formação Natural não Florestal | 4. Área não Vegetada |
| 2.2. Formação Campestre | 4.2. Infraestrutura Urbana |
| 2.4. Afloramento Rochoso | 4.3. Mineração |
| 2.5. Outras Formações não Florestais | 4.4. Outras Áreas não Vegetadas |
| | 5. Corpos D'água |
| | 5.1. Rio, Lago e Oceano |

Figura 2. Classes de uso e cobertura da terra - Coleção 5 do MapBiomas.

Fonte: adaptado de MAPBIOMAS (2021).

Os dados sobre desmatamento recente (2018 a 2021) foram obtidos por meio da plataforma MapBiomas Alerta, sistema de validação e refinamento de dados já existentes que gera alertas e laudos de desmatamentos. A base utilizada para o bioma Caatinga, no qual está inserida a bacia em estudo, é detectada pelo SAD Caatinga (MAPBIOMAS ALERTA, 2021).

Sobre a exploração mineral da área, os dados foram adquiridos no Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) da Agência Nacional de Mineração - ANM. O arquivo em formato vetorial (2021) shapefile (shp) utilizado foi: Processos Minerários Ativos - BA, e as informações escolhidas dizem respeito às fases de processo mineral de acordo com o regime de aproveitamento mineral (ANM, 2021). As classes utilizadas foram: autorização de pesquisa, concessão de lavra e disponibilidade.

Os dados do MapBiomas foram utilizados para identificar quais classes sofreram aumento ou diminuição em sua área. Como complemento, dados do Mapbiomas Alerta sobre desmatamento e da ANM sobre exploração minerária foram acrescentados ao estudo, indicando quais áreas demandam mais atenção para monitoramento das mudanças no território. Outras bases auxiliares utilizadas na delimitação do presente estudo foram adquiridas junto ao banco de dados geográficos do IBGE (2020) para composição do mapa de localização da bacia.

Resultados e Discussão

Considerando o período total de 35 anos, e coleta das amostras de forma multitemporal, dos anos 1985, 2000 e 2019, pode-se observar que houve mudanças consideráveis de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Itapicuru-Mirim (Figura 3).

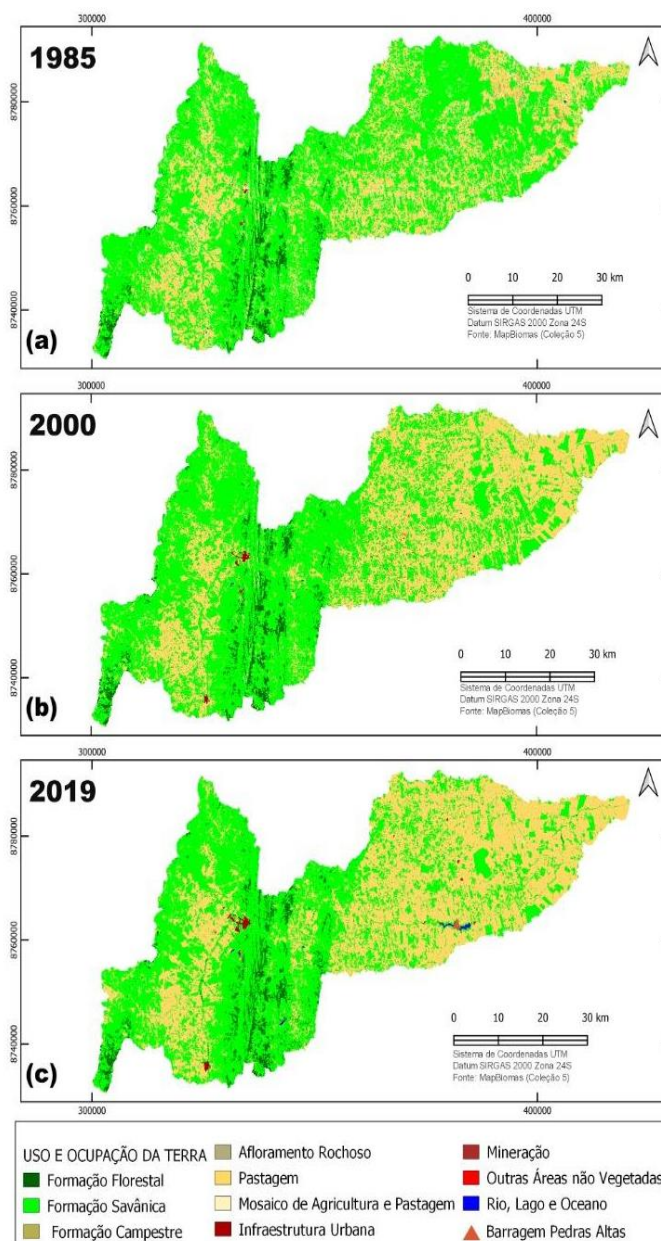


Figura 3. Mapas de uso e ocupação da terra da bacia do Rio Itapicuru-Mirim em: (a) 1985, (b) 2000 e (c) 2019. Fonte: adaptado de MAPBIOMAS (2021).

Segundo Alves et al. (2009), o semiárido nordestino se caracteriza por atividades econômicas ligadas à pecuária e ao extrativismo mineral, ambas as atividades designadas pela forma extensiva de produção. De acordo com dados do MapBiomas (Tabela 1), é possível identificar os principais usos existentes na bacia hidrográfica do rio Itapicuru-Mirim, e as mudanças que ocorreram durante o período de análise.

Tabela 1. Mudanças de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Itapicuru-Mirim

| Tipo de Uso da Terra | 1985 | | 2000 | | 2019 | | 1985-2020 |
|------------------------|-------------------------|--------|-------------------------|--------|-------------------------|--------|--------------|
| | Área (km ²) | (%) | Área (km ²) | (%) | Área (km ²) | (%) | Variação (%) |
| Formação Florestal | 105,683 | 3,040 | 107,716 | 3,099 | 123,719 | 3,559 | 0,519 |
| Formação Savânica | 2.235,916 | 64,327 | 2.027,899 | 58,343 | 1.770,958 | 50,951 | -13,377 |
| Formação Campestre | 24,151 | 0,695 | 0,590 | 0,017 | 0,903 | 0,026 | -0,669 |
| Agricultura e Pastagem | 1.107,910 | 31,874 | 1.329,362 | 38,246 | 1.565,385 | 45,036 | 13,162 |
| Infraestrutura Urbana | 0,979 | 0,028 | 5,376 | 0,155 | 9,061 | 0,261 | 0,233 |
| Outras Áreas | 0,021 | 0,001 | 3,498 | 0,101 | 0,091 | 0,003 | 0,002 |
| Mineração | 0,494 | 0,014 | 0,631 | 0,018 | 0,619 | 0,018 | 0,004 |
| Rio e Lago | 0,700 | 0,020 | 0,767 | 0,022 | 5,103 | 0,147 | 0,127 |

Segundo INEMA (2014), os principais impactos observados na bacia do Itapicuru-Mirim se relacionam às atividades agropecuárias e de extrativismo vegetal, com acentuado desmatamento e utilização de agrotóxicos. As alterações observadas na bacia em estudo se concentram, principalmente, nas classes de formação savânica, agricultura e pastagem.

No ano de 1985, a área classificada como vegetação savânica possuía aproximadamente 2.236 km², comparando esses dados com o último ano de análise, 2019, que apresenta cerca de 1.770 km², verifica-se uma redução considerável de 13,38%, quando comparado ao ano inicial. No mesmo período, as áreas destinadas à agricultura e a pastagem aumentaram quase a mesma proporção, 13,16%, enquanto em 1985 existiam, aproximadamente, 1.108 km² reservados a esse uso; em 2019, essa área saltou para 1.565 km². De acordo com Lima et al. (2019), o processo de ocupação da Caatinga se deu, principalmente, a partir de atividades econômicas como: agricultura e criação de caprinos e bovinos. Além disso, a exploração de recursos florestais contribuiu para transformações significativas na paisagem.

Dourado (2013) afirmou que, a partir da década de 1970, ocorreram vultuosos investimentos públicos e privados em grandes obras como transposição de bacias, perímetros irrigados, exploração mineral, ferrovia, construção de barragens, entre outras, o que provocou muitas mudanças no bioma Caatinga. Como é o caso da implantação da barragem de Pedras Altas, no município de Capim Grosso, tendo como objetivos principais o uso da água para abastecimento rural e urbano, e irrigação (SOUZA et al., 2017). A construção da barragem está diretamente relacionada com o aumento da classe rio e lagos na bacia hidrográfica do rio Itapicuru-Mirim após o ano de 2000. Essa implantação aumentou significativamente as áreas utilizadas para cultivos e pasto, sendo possível observar na Figura 2(c) uma forte relação espacial entre as áreas de cultivo agrícola e pastagens com a localização da

barragem de Pedras Altas.

A região também apresenta um grande potencial para exploração mineral. Na bacia em questão, as áreas destinadas à mineração cresceram 0,004%, o que equivale a um aumento de 0,125 km² nesses 34 anos de observação. As atividades de mineração são apontadas como responsáveis pela degradação de áreas naturais, contribuindo para o assoreamento e contaminação decorrente do uso indiscriminado de mercúrio na extração de granito ornamental, no beneficiamento de mármore no município de Jacobina e do ouro através do desenvolvimento de lavras garimpeiras (INEMA,2014).

Outra classe de uso da terra que merece atenção é a da infraestrutura urbana. No ano de 1985 abrangia 0,979 km² e, em 2019, a mesma passou a ocupar 9,061 km², aumentando 0,233% da sua área de ocupação na bacia. De acordo com Japiassu e Lins (2014), a expansão intensiva da área urbana tem como característica principal a intensificação do uso e ocupação da terra. Essa conversão de uso em áreas urbanas causa impactos sociais e ambientais, o que implica diretamente em situações de risco e vulnerabilidade.

A atividade agropecuária, por sua vez, tem como fase inicial a retirada da vegetação, que provoca sérios impactos ao meio ambiente, contribuindo para a perda de habitats de várias espécies da fauna e para a redução da biodiversidade local. De acordo com Leite e Ferreira (2013), o manejo inadequado do solo é outro fator que está associado à degradação do ambiente, e que contribui para, entre outros impactos negativos, o desflorestamento em áreas de declividade, provocando um aumento do fluxo do escoamento superficial da água e, por conseguinte, a intensificação do processo erosivo.

Segundo o MapBiomias Alerta de Desmatamento (MAPBIOMAS ALERTA, 2021) entre os anos de 2018 a 2021, os municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Itapicuru-Mirim sofreram significativos desmatamentos em razão do aumento da agricultura, mineração e outras atividades desenvolvidas na região (Tabela 2). Jacobina e Miguel Calmon foram os que apresentaram maiores índices de alerta de desmatamento, sendo 150 e 20,15 hectares, respectivamente, o que demonstra que a bacia está em um processo de perda de sua vegetação natural, que pode acarretar diversos impactos de ordem econômica, social e ambiental.

Tabela 2. Alertas de desmatamento nos municípios da bacia do rio Itapicuru-Mirim

| Período (2018 - 2021) | |
|------------------------------|------------------|
| Município | Área (Ha) |
| Jacobina | 155,8 |
| Miguel Calmon | 20,15 |
| Morro do Chapéu | 6,06 |
| Caém | 4,00 |
| Mirangaba | 0,96 |

Santos (2004) *apud* Oliveira Filho (2013), define impacto ambiental como toda alteração no meio ambiente, de forma que venha comprometer o equilíbrio do meio natural ou antropizado. Já a

Resolução nº 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1986), determina como qualquer modificação das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, resultando em implicações que afetam direta ou indiretamente a saúde, a segurança e o bem-estar da população (BRASIL, 1986).

Os impactos ambientais gerados pela atividade minerária provocam alterações significativas no meio ambiente (SILVA et al., 2001), tais como supressão da vegetação, perda da diversidade biológica, poluição e contaminação dos solos e recursos hídricos, aumento do processo erosivo, assoreamento dos rios, poluição do ar, geração de rejeitos e poluição sonora. Além disso, a extração mineral provoca a descaracterização do relevo devido a intensidade dos processos desenvolvidos, modificando sobremaneira a paisagem.

Os impactos ambientais na atividade minerária antecedem a extração do minério. Segundo dados da Agência Nacional de Mineração (ANM, 2021), antes de iniciar a exploração de uma jazida mineral, se faz o requerimento para autorização de pesquisa, visando a investigação da presença ou não de um determinado minério. Entretanto, essas regiões sofrem com os impactos oriundos da fase de pesquisa, que consiste na exploração da jazida de forma experimental, estando sujeita ao processo de licenciamento ambiental.

A bacia hidrográfica do Itapicuru-Mirim, se localiza em uma região de grande potencial minerário. De acordo com a ANM (2021) (Figura 4), existem 1.305,94 km² de área da bacia que estão em processo de pesquisa para prospecção mineral, o que representa 37,57% da mesma. Concomitantemente a isso, a bacia possui 68,58 km² destinados à concessão de lavra e 89,18 km² disponíveis para requerimento. O que gera atenção especial para a degradação ambiental na área de estudo advinda deste processo, visto que, esses espaços com pesquisa mineral podem vir a ser futuras áreas de exploração.

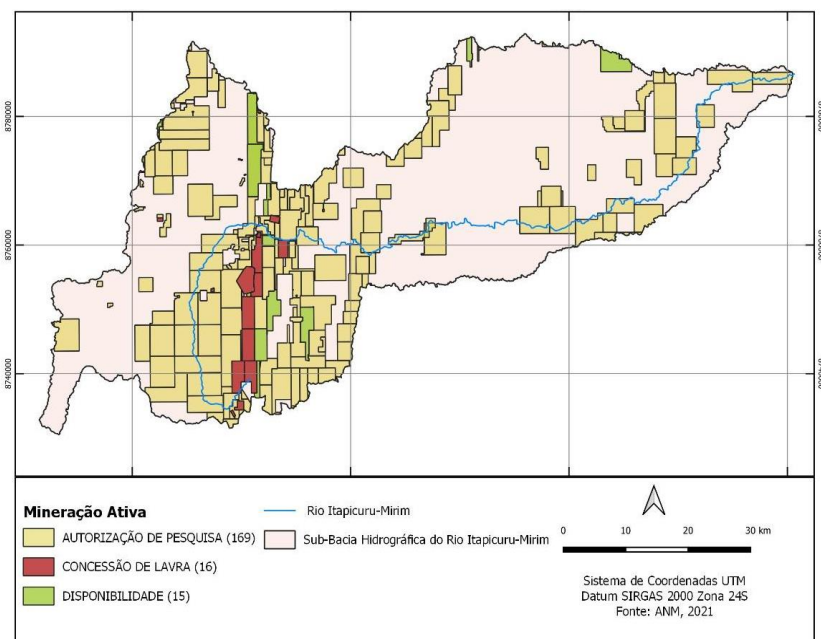


Figura 4. Mapa de mineração ativa da bacia do Rio Itapicuru-Mirim.

Fonte: adaptado de ANM (2021).

Os dados resultantes do monitoramento realizado pelo MapBiomas apontam que 0,619 km² da área da bacia estão destinados à mineração, o que difere dos dados disponibilizados pela ANM (2021). Tal diferença pode ser explicada pelo fato de o MapBiomas utilizar imagens do satélite LANDSAT, que tem uma resolução espacial de 30 m, de modo que as informações de áreas menores podem ser perdidas. A maior quantidade de dados da ANM dá-se pelo fato da mesma ser o órgão que regula e controla todas as atividades voltadas à mineração, desde o requerimento de pesquisa até a exploração; o que caracteriza um maior alcance em termos de detecção de futuras áreas degradadas pela atividade.

É importante salientar que, grande parte das áreas onde estão ocorrendo pesquisas de prospecção mineral na bacia, atualmente, possuem vegetação nativa, sendo assim, uma futura exploração pode vir a suscitar degradação ambiental. Além disso, grande parte dessas áreas estão bem próximas ao curso d'água principal, podendo ocasionar assoreamento a partir do carreamento de sedimentos, consequência do escoamento superficial.

Diante disso, é imprescindível que os gestores da bacia criem mecanismos para mitigar os impactos dessa atividade, como o compromisso das empresas responsáveis pela mineração na recuperação das áreas degradadas, com a adoção de práticas como a restauração ecológica, que consiste no restabelecimento das principais características da paisagem natural que existia no local anterior à mineração (SER, 2004).

Dessa forma, percebe-se que o desmatamento é o processo que caracteriza o ponto principal da degradação ambiental, causando perda da biodiversidade, mudança no regime de fogo, alterações dos corpos hídricos e mudanças climáticas. Sendo assim, para que esses processos sofram um recuo e seus impactos sejam controlados, é necessário um planejamento e gestão que podem ser realizados com o auxílio de informações e produtos de satélites, que permitem uma análise espaço/temporal mais detalhada e eficaz. Segundo Brito e Prudente (2005), o levantamento do uso da terra é uma ferramenta indispensável para os planejadores e legisladores, pois ao identificar o cenário de uso e degradação, pode-se propor medidas que melhor alcance os interesses socioeconômicos e ambientais.

Conclusão

A bacia hidrográfica do rio Itapicuru-Mirim é uma das principais sub-bacias do rio Itapicuru, com grande importância para a região em que está inserida. Nas últimas três décadas, vem sofrendo alterações significativas na paisagem em decorrência das ações antrópicas, sobretudo, após o ano de 2000, com a instalação da barragem de Pedras Altas.

A classe de vegetação savânica foi a mais impactada, sendo convertida, principalmente, em ambientes para o desenvolvimento da agricultura e pastagem. A mineração, por sua vez, também contribuiu significativamente para a degradação ambiental do território que envolve a bacia hidrográfica do rio Itapicuru-Mirim, visto que grande parte de sua área está comprometida com os impactos provenientes do processo de requerimento de pesquisa mineral ou com a grande disponibilidade para tal atividade.

O estudo com o emprego de ferramentas de SIG e sensoriamento remoto se mostrou eficiente para a análise do uso e cobertura da terra na bacia, possibilitando a integração entre os bancos de dados do MapBiomas e ANM, para a identificação das áreas mais afetadas e seus principais usos. Os resultados obtidos podem ser utilizados como subsídio para o monitoramento da bacia, auxiliando a sociedade e os gestores na conservação da área.

Referências

- ALVES, J. J. A.; ARAUJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. *Revista Caatinga*, v.22, n.3, p.126-135, 2009.
- ANA. Agência Nacional das Águas. Base Hidrográfica Ottocodificada 1:250.000. Metadados. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. Acesso em: 02 de agosto de 2021.
- ANM. Agência Nacional de Mineração. Processos minerários ativos BA. Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE). Disponível em: <https://app.anm.gov.br/dadosabertos/SIGMINE/>. Acesso em: 02 de agosto de 2021.
- AQUINO, C. M. S. DE; ALMEIDA, J. A. P. DE; OLIVEIRA, J. G. B. DE. Estudo da cobertura vegetal/uso da terra nos anos de 1987 e 2007 no núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato - Piauí. *RA'EGA*, v.25, p.252-278, 2012.
- ARAÚJO, L. E. DE; SOUSA, F. DE A. S.; MORAES NETO, J. M.; SOUTO, J. S.; REINALDO, L. R. L. R. Bacias hidrográficas e impactos ambientais. *Qualitas*, v.8, n.1, p.18, 2009.
- BASTOS NETO, J. As áreas de preservação permanente do rio Itapicuru-Açu: impasses e pertinência legal. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília. Brasília, 2008.
- BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Disponível em: <http://www.palmares.gov.br/wp-content/uploads/2018/09/res-conama-01-1986.pdf>. Acesso em: 11 de agosto de 2021.
- BRITO, J. L. S.; PRUDENTE, T. D. Análise temporal e da cobertura do solo do município de Uberlândia, utilizando imagens ETM/LANDSAT-7. *Revista Sociedade e Natureza*, v.17, n.32, p.37-46, 2005.
- CERB. Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia. Barragens - construção, operação e manutenção. Disponível em: <http://www.cerb.ba.gov.br/atividades/barragens-constru%C3%A7%C3%A3o-oper%C3%A7%C3%A3o-e-manuten%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 10 de agosto de 2021.
- DOURADO, J. A. L. Agrohidronegócio e disputas territoriais no semiárido baiano: notas introdutórias. *Revista GeoAmazônia*, v.2, n.2, p.122-133, 2013.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FERNANDES, M. R.; SILVA, J. C. Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias. Belo Horizonte: EMATER. 1994. 24p.

GONÇALVES, A. B.; MARCATTI, G. E.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SOARES, V. P.; MEIRA NETO, J. A. A.; LEITE, H. G.; GLERIANI, J. M.; LANA, V. M. Mapeamento das áreas de preservação permanente e identificação dos conflitos de uso da terra na sub-bacia hidrográfica do rio Camapuã/Brumado. *Revista Árvore*, v.36, n.4, p.759-766, 2012.

IBGE. Geociências. Malha Municipal, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 29 de julho de 2021.

INEMA. Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos- RPGA do Rio Itapicuru - Qualidade das águas do Estado da Bahia - Programa Monitoria-Campanha 02, 2014. Disponível em: http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatrio_Rio_Itapicuru_C2_2014.pdf. Acesso em: 31 de julho de 2021.

JAPIASSÚ, L. T.; LINS, R. D. B. As diferentes formas de expansão urbana. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v.2, n.13, p.15-25, 2014.

KIEL, R. Detecção de mudanças no uso e na cobertura do solo em uma série temporal de imagens da região de campanha do Rio Grande do Sul. 203f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

LEITE, M. E.; FERREIRA, M. F. F. Análise espaço temporal do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Tabuas, norte de Minas Gerais, com aplicação das geotecnologias. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.6, n.2, p.184-194, 2013.

LIMA, V. R. P.; SILVA-SEABRA, V.; XAVIER, R. A.; DORNELLAS, P. C. Análise do padrão espacial do uso e cobertura do solo e da fragmentação e conectividade da vegetação no semiárido do nordeste brasileiro: BACIAS DOS RIOS Taperoá e Alto Paraíba-PB. *Revista de Estudios Andaluces*, n.37, p.25-49, 2019.

LOLLO, J. A.; NEVES, M. P.; ARANTES, L. T.; LIMA, C. G. R.; LORANDI, R. Mudanças de uso e cobertura da terra e degradação ambiental em bacias hidrográficas. In: AMERICO-PINHEIRO, J. H. P.; BENINI, S. M. *Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações*. 1 ed. Cap.1. p.15-40. Tupã: ANAP, 2018.

MAPBIOMAS. Coleção 5 da série anual de mapas de uso e cobertura da terra do Brasil. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 05 de agosto de 2021.

MAPBIOMAS ALERTA. Projeto MapBiomas Alerta – Sistema de validação e refinamento de alertas de desmatamento com imagens de alta resolução. Disponível em: <https://plataforma.alerta.mapbiomas.org/>. Acesso em: 02 de agosto de 2021.

MARQUES, F. A.; NASCIMENTO, A. F.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, A. B. Solos do Nordeste. Embrapa Solos. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003864/solos-do-nordeste>. Acesso em: 09 de agosto de 2021.


- MESTRINHO, S. S. P. Diagnóstico ambiental associado à qualidade dos recursos hídricos na bacia do Itapicuru, Estado da Bahia, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 15, 2008, Natal. Anais...Natal: ABAS, 2008. p.1-20.
- OLIVEIRA FILHO, G. R. Uma breve reflexão sobre o conceito de impacto ambiental. CES Revista, v.27, n.3, p.15-28, 2013.
- ORTEGA, D. J. P.; CARVALHO, S. L. DE. Avaliação dos Efeitos das Atividades Antropólicas nos Recursos Hídricos na Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego do Ipê- SP. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.18, n.3, p.97-108, 2013.
- QUEIROZ, M. A. Recursos genéticos vegetais da Caatinga para o desenvolvimento do semiárido Brasileiro. Revista Brasileira de Geografia Física, v.6, p.1135-1150, 2011.
- SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; OLIVEIRA, J. B. DE; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª edição. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 356p.
- SANTOS, M. V. S. Metais pesados em sedimentos superficiais e material particulado em suspensão no rio Itapicuru-Mirim em Jacobina, Bahia, Brasil. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, 2015.
- SANTOS, R. F. Planejamento ambiental teoria e prática. Oficina de Textos. 1. ed. São Paulo, 2004. 184p.
- SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia - Perfil dos Territórios de Identidade da Bahia, 2018. Disponível em: https://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2000. Acesso em: 10 de agosto de 2021.
- SILVA, A. C.; VIDAL, M.; PEREIRA, M. G. Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim. Revista Escola de Minas, v.54, n.2, p.133-136, 2001.
- SILVA, P. C. G. DA; MOURA, M. S. B. DE; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. DE L.; PEREIRA, L. A.; SA, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. DE C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Cap. 1. p.17-48. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.
- SER. Society for Ecological Restoration. Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política. 2004. Princípios da SER International sobre a restauração ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- SOUZA, N. C. R.; FONTES, A. S.; LUZ, L. D.; PINHEIRO, S. M. C. Identification of the degree of impact of dams on the hydrologic regime of semi-arid rivers: an evaluation of the DHRAM method. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.22, e13, 2017.
- TOPODATA. Banco de dados geomorfométricos do Brasil. Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 02 de agosto de 2021.

CAPÍTULO VIII

QUALIDADE DE NASCENTES DE IGARAPÉS DA CIDADE DE MANAUS, AMAZONAS


Glenda Katherine de Souza Dias

Mestranda, INPA, PPGBADPI, Manaus-AM, g.k.souzadias@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0327-1685>

Maria Anete Leite Rubim

Dra. Professora, UFAM, FCA, Manaus-AM, aneterubim@ufam.edu.br

 <http://lattes.cnpq.br/7750183114197105>

Introdução

O rápido crescimento populacional e a inexistência de planejamento das cidades, levam a desordem das construções residenciais, resultando em impactos nos ecossistemas aquáticos de áreas urbanas, a exemplo do despejo de lixo e esgoto, desmatamento, entre outros (GOMES et al., 2005; SILVA et al., 2014). Para evitar a poluição destes ambientes, uma possível intervenção seria a proteção de suas nascentes, a fim de prevenir sua deterioração (MARCIANO et al., 2016).

Nascente é o surgimento natural de água que vem do lençol freático, na região subterrânea do solo, originando assim uma fonte de água que se acumula e forma um curso d'água, podendo ser perene (longa duração) ou temporário, constituindo a rede de drenagem superficial (FELIPPE, 2009; PEREIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013; LEAL et al., 2017). Fatores como tipo de solo, topografia, cobertura vegetal, clima, uso e manejo da área influenciam nas características de uma nascente (TORRES, 2016).

O estudo dos impactos causados a ambientes onde ocorrem nascentes, por exemplo, na qual se detecta os fatores degradantes, gera subsídios para uma gestão adequada e se busca ferramentas para reverter as alterações a qualidade da água (OLIVEIRA et al., 2013; LEAL et al., 2017). Consideradas frágeis, as nascentes podem sofrer alterações significativas de origem antrópica, sendo de extrema importância, então a busca de formas de proteção de suas áreas, como preconiza o Código Florestal que estabelece Áreas de Preservação Permanente (APP) em um raio mínimo de 50m ao redor das nascentes (OLIVEIRA et al., 2013; LEAL et al., 2017).

O município de Manaus, estado do Amazonas, possui uma rede hídrica superficial que entrecorta o perímetro urbano, distribuída nas seis sub bacias que drenam o município: Cuieiras, Educandos, São

Raimundo, Tarumã Açú e Tarumã Mirim, fazem parte da bacia do rio Negro e a do Puraquequara, pertencente à bacia do sistema Solimões-Amazonas. Duas sub bacias são estritamente urbanas, Educandos e São Raimundo. As demais estão localizadas em áreas de transição com parte de sua área na zona rural.

Nas últimas décadas a população na cidade de Manaus cresceu vertiginosamente, surgindo então, bairros não planejados e a ocupação de lugares próximos aos igarapés, principalmente, onde não há saneamento básico e com isso sobreveio a poluição destes ambientes (FROTA, 2017), comprometendo a integridade de nascentes que originam a rede hídrica que entrecorta a cidade.

Com o intuito de criar uma ferramenta para constatar os impactos antropogênicos em nascentes, Gomes et al. (2005) desenvolveram o IIAN (Índice de Integridade Ambiental de Nascentes). Este índice consiste na avaliação da nascente de modo visual, na qual são listados alguns indicadores com pontuações de acordo com a intensidade da presença destes para obtenção do nível de preservação da nascente (OLIVEIRA et al., 2013). A avaliação das condições de integridade dos corpos d'água pode ser aplicada por diferentes índices e protocolos. Araújo et al. (2020), utilizaram um protocolo de avaliação rápida ao longo do igarapé São Francisco, inserido em uma Área de Proteção Ambiental (APA), e verificaram que a integridade do igarapé está ameaçada devido a influência urbana em alguns trechos.

Para verificar a qualidade de água, métodos de análise de variáveis físicas e químicas como pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura, condutividade elétrica (CE), são realizados a partir da mensuração por equipamentos ou em laboratório. A Resolução CONAMA nº 357/05, define os valores adequados, de acordo com a classificação da água, em que as variáveis devem se enquadrar (BRASIL, 2005). Oliveira et al. (2020) aliaram a avaliação macroscópica e a análise de variáveis físicas e químicas e verificaram a eficiência das metodologias que revelaram a necessidade de ações para preservação de algumas das nascentes avaliadas, pois, apresentaram baixo grau de preservação e valores fora do padrão da CONAMA.

O objetivo deste trabalho é descrever as condições ambientais de nascentes de igarapés urbanos na cidade de Manaus por meio de um protocolo de avaliação rápida e de análises físicas e químicas da água.

Material e Métodos

As nascentes dos igarapés avaliadas estão localizadas em áreas protegidas (Figura 1) na cidade de Manaus e pertencem aos igarapés Quarenta, Mindú e Lago do Aleixo.

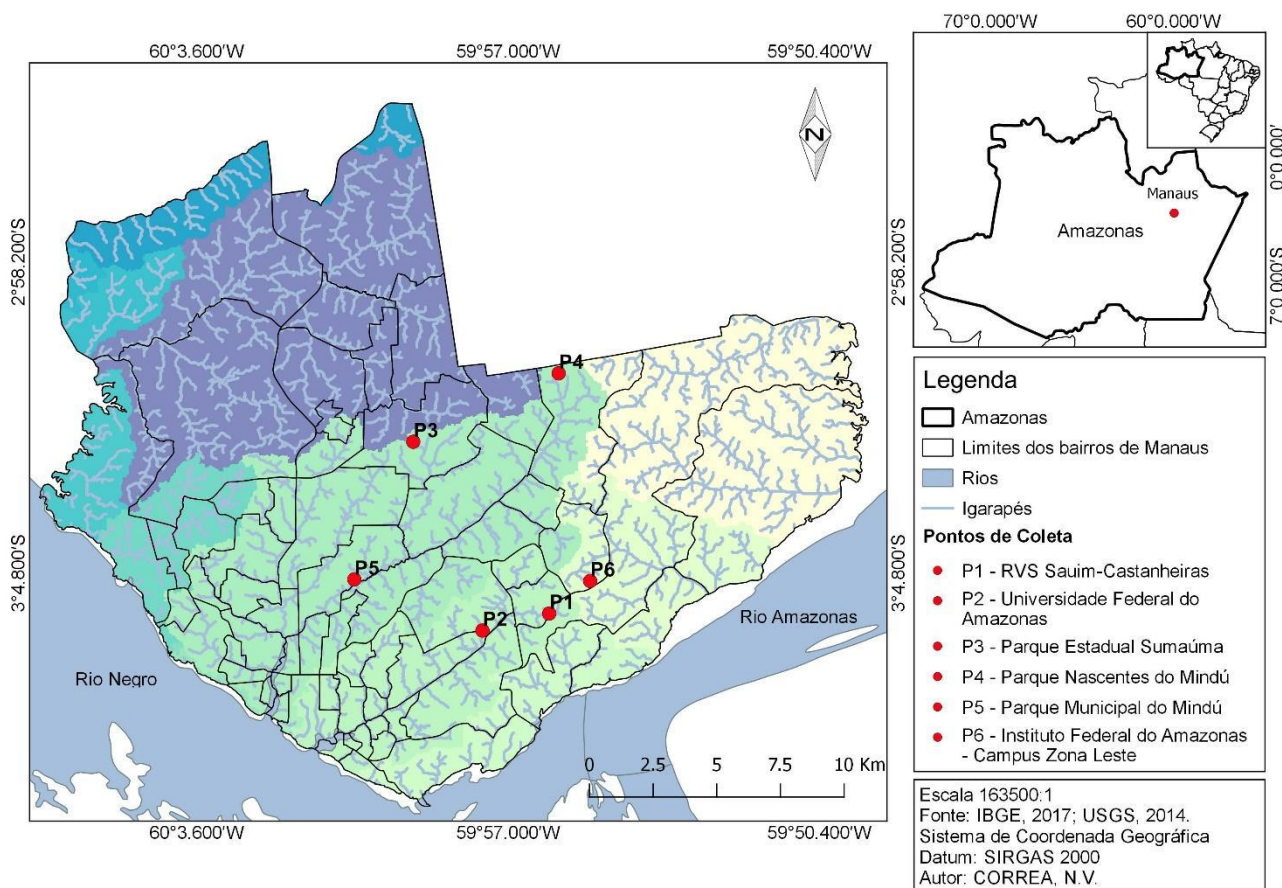


Figura 1. Localização dos pontos de amostragem das nascentes avaliadas na cidade de Manaus, AM.

Fonte: adaptado de IBGE (2017); USGS (2014).

A cidade de Manaus é localizada na confluência entre o Rio Negro e o Rio Solimões, o primeiro nasce no Escudo das Guianas e suas águas são classificadas como preta, o segundo nasce nos Andes e suas águas são classificadas como branca (FRANZINELLI, 2011; SIOLI, 1950). Os rios de água preta são assim chamados devido sua cor escura causada pela alta concentração de ácidos húmicos dissolvidos e as águas brancas devido a elevada quantidade de sedimentos em suspensão, provenientes da erosão no seu percurso, conferindo uma coloração branca/turva (JUNK et al., 2020).

As águas pretas são ácidas e possuem baixa quantidade de sais minerais dissolvidos, diferente da água branca que possui pH neutro e é rica em minerais, considerada assim mais produtiva (JUNK et al., 2020). Na região amazônica, o nível dos rios varia ao longo do ano e no porto de Manaus, a cheia é geralmente registrada no mês de junho e a seca em outubro (SATYAMURTY et al., 2013). A cidade está sobre a formação litológica Alter do Chão, um planalto baixo argiloso-arenoso de idade holocênica (FRANZINELLI, 2011; MACENA & COSTA, 2012). A cobertura florestal é tipicamente tropical assim como o clima da cidade, quente e úmido segundo classificação de Köppen com uma temperatura média anual é 26,7°C e precipitação anual de 2.420mm (SOUZA et al., 2012; ALVARES et al., 2013).

O igarapé do Quarenta compõe a sub-bacia do Educandos e possui cerca de 38 km de extensão, com uma área total aproximada de 4.320 hectares, contendo várias nascentes localizadas, em sua

maioria, na Zona Leste de Manaus (SCHERER & FILHO, 2004; OLIVEIRA & RABELLO, 2010). Este igarapé percorre diferentes áreas urbanas, como o Distrito Industrial e os bairros Coroado e Japiim.

Foram coletados dados de duas nascentes que constituem o igarapé do Quarenta: P1) Reserva Refúgio da Vida Silvestre Sauim-Castanheiras, Reserva Ecológica criada pela Lei N° 87.455 em 12 de agosto de 1982 (BRASIL, 1982); e P2) Campus da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Área de Proteção Ambiental de acordo com a Lei N° 1.503 de 27 de março de 2012 (MANAUS, 2012).

O Igarapé do Mindú com cerca de 17 km de extensão, faz parte da sub bacia do São Raimundo. Três nascentes deste igarapé foram avaliadas: P3) Parque Estadual Sumaúma, Unidade de Conservação estabelecida pela Lei N° 23.721 em 05 de setembro de 2003 segundo MANAUS (2003); P4) Parque Nascentes do Mindú, Unidade de Conservação criada pela Lei N° 8.351 de 17 de março de 2006 (MANAUS, 2006); e P5) Parque Municipal do Mindú, Unidade de Conservação estabelecido pela Lei N° 219 em 11 de novembro de 1993 (MANAUS, 1993).

O Lago do Aleixo faz parte da sub bacia Colônia Antônio Aleixo que abrange o bairro de mesmo nome, além do Distrito Industrial 1 e 2, Puraquequara, São José Operário, Jorge Teixeira e Tancredo Neves. Este lago é represado em sua foz devido a força hidrodinâmica do Rio Amazonas, causando um efeito de barramento (SALEM & FONSECA, 1982; BARBOSA, 2013). A nascente avaliada (P6), encontra-se nas dependências do Instituto Federal do Amazonas (IFAM). Detalhes quanto a localização de todos os pontos amostrais se encontra a seguir na Tabela 1.

Tabela 1. Localização dos pontos de amostragens das nascentes avaliadas

| Pontos Amostrais | Sub-bacia | Igarapé | Local | Coordenadas |
|------------------|------------------------|----------------|---------------------------|-----------------------|
| P1 | Educandos | Quarenta | RVS Sauim-Castanheiras | 3°5'39.33"S 59°56'8"O |
| P2 | | | UFAM (fronteira) | 3°6'1"S 59°57'33"O |
| P3 | | | Parque Estadual Sumaúma | 3°2'1"S 59°59'1"O |
| P4 | São Raimundo | Mindú | Parque Nascentes do Mindú | 3°00'34"S 59°55'56"O |
| P5 | | | Parque Municipal do Mindú | 3°04'56"S 60°00'16"O |
| P6 | Colônia Antônio Aleixo | Lago do Aleixo | IFAM- Campus Zona Leste | 3°04'58"S 59°55'16"O |

O IIAN desenvolvido por Gomes et al. (2005), consiste na verificação de parâmetros como cor da água, odor, lixo no entorno, materiais flutuantes, espumas, óleos, esgoto, preservação da vegetação, uso por animais ou humanos, proteção da área, proximidade a residências ou estabelecimentos e área de inserção. Cada parâmetro possui uma pontuação de acordo com a intensidade de presença ou ausência, onde os pontos são somados e assim obtêm-se o grau de preservação.

Callisto et al. (2002), propuseram um Protocolo de Avaliação Rápida de Diversidade de Habitats para avaliação de rios que consiste em dois quadros contendo no total 22 parâmetros

divididos em categorias, no primeiro quadro a pontuação é de 0 a 4 e avalia principalmente características relacionadas a impactos de atividades antrópicas como ocorrência de erosão e oleosidade na água. O segundo quadro a pontuação é de 0 a 5 e avalia as condições do habitat e nível de conservação como composição do fundo e o fluxo da água.

Nessimian et al. (2008), desenvolveram um Índice de Integridade de Habitats a partir de análises em igarapés em municípios próximos a Manaus. Contendo 12 parâmetros com uma pontuação de 1 a 6, o índice avalia características como o estado da mata ciliar e as condições naturais da água.

Nesse estudo, a avaliação de nascentes utilizou os métodos modificados (Tabelas 2 e 3) de Gomes et al. (2005), Callisto et al. (2002), Felipe (2009) e Nessimian et al. (2008). A coleta de dados ocorreu entre os meses de fevereiro a maio de 2019.

Tabela 2. Índice de Integridade Ambiental utilizado para avaliação qualitativa de seis nascentes de igarapés na cidade de Manaus

| Parâmetros | Ruim (1) | Médio (2) | Bom (3) |
|--|--|------------------------------------|--------------------------------------|
| Cor da água | Turva e/ou colorida | Clara | Transparente |
| Odor da água | Forte | Fraco | Sem cheiro |
| Lixo ao redor da nascente | Muito | Pouco | Sem lixo |
| Materiais flutuantes | Muito | Pouco | Sem materiais flutuantes |
| Espumas | Muito | Pouco | Sem espumas |
| Óleos | Muito | Pouco | Sem óleos |
| Esgotos | Na nascente | Próximo (20 m) | Sem esgotos |
| Presença de vegetação aquática | Grandes bancos de macrófitas, algas e outras plantas | Poucas macrófitas, algas ou musgos | Ausente |
| Vegetação | Degradada ou ausente | Baixa degradação | Preservada |
| Erosão (10-20m) nas margens e/ou assoreamento em seu leito | Acentuada | Moderada | Ausente |
| Acesso | Fácil | Difícil | Sem acesso |
| Proteção do local | Sem proteção | Apenas com sinalização | Com proteção |
| Equipamentos urbanos | Menos de 50 m | 50 a 100 m | Mais de 100 m |
| Área de inserção APP | Ausente | Privada | Protegida |
| Estado de preservação da APP | Ausente | Menos de 50 m | 50 m ou mais |
| Estado de preservação da APP | Quebras de cicatrizes atenuadas com barrancos | Algumas quebras de continuidade | Intacta, sem quebras de continuidade |

Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2005); Callisto et al. (2002); Felipe (2009); e Nessimian et al. (2008).

Tabela 3. Classificação das nascentes avaliadas quanto ao grau de preservação de acordo com o Índice de Integridade Ambiental

| Classe | Grau de preservação | Pontuação |
|--------|---------------------|-----------|
| A | Ótimo | 46-48 |
| B | Bom | 43-45 |
| C | Razoável | 40-42 |
| D | Ruim | 37-39 |
| E | Péssimo | < 37 |

Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2005); Callisto et al. (2002); Felipe (2009); e Nessimian et al. (2008).

Foram obtidas *in loco* medidas de variáveis físicas e químicas da água: temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), condutividade elétrica (uS/cm), intensidade de luz (lux) e vazão (m³/s). Para obtenção do pH foram coletadas amostras de água das nascentes para análise em laboratório com pHmetro Tec 3-MP. A temperatura e oxigênio foram obtidos com o oxímetro digital YSI-ProODO, condutividade elétrica por condutivímetro digital Instrutherm CD-850 e intensidade de luz por luxímetro Chauvin Arnoux C.A-810. O programa Google Earth (versão 7.3.2.5776) foi utilizado para obter a área de mata ciliar no entorno da nascente. A vazão foi obtida de acordo com a fórmula (Equação 1).

$$Q = A \times v \text{ (Eq.1)}$$

Onde: Q é a vazão (m³/s); A é a área da seção da nascente igual à largura (m) vezes a profundidade (m); e v é a velocidade igual ao comprimento (m) dividido pelo tempo (s).

Resultados e Discussão

A maioria das nascentes avaliadas se encontram em estado de ruim a péssima preservação (Tabela 4). O baixo grau de preservação dessas nascentes está relacionado em maior parte a presença de poluentes como lixo (P1, P2 e P6), APPs degradadas (P1, P2, P4, P5 e P6) (Figura 2) e fácil acesso (P1, P2, P4, P5, P6).

Tabela 4. Classificação do estado de integridade ambiental das nascentes

| Pontos Amostrais | Sub-bacia | Igarapé | Local | Classificação |
|------------------|------------------------|----------------|-------------------------------------|---------------|
| P1 | Educandos | Quarenta | RVS Sauim-Castanheiras | E |
| P2 | | | UFAM (fronteira) | E |
| P3 | São Raimundo | Mindú | Parque Estadual Sumaúma | B |
| P4 | | | Parque Nascentes do Mindú | C |
| P5 | | | Parque Municipal do Mindú | D |
| P6 | Colônia Antônio Aleixo | Lago do Aleixo | IFAM- Campus Zona Leste (fronteira) | E |



Figura 2. Mata ciliar da nascente localizada na RVS Sauim-Castanheiras (P1) com vegetação secundária.

Desde a implantação da Zona Franca de Manaus (ZFM) em 1967, a cidade de Manaus está em constante crescimento demográfico, assim, construções irregulares próximas a igarapés e áreas de preservação são frequentes no contexto urbano (CASSIANO & COSTA, 2012). Essa expansão da cidade gera uma pressão sobre os ambientes naturais e somado ao fato do sistema de coleta de lixo e tratamento de esgoto doméstico não ser eficiente, principalmente nas periferias, todo esse material é despejado sobre os igarapés, levando a deterioração destes, bem como suas nascentes (ANJOS, 2007). A degradação dos igarapés de Manaus é uma realidade que necessita de atenção, como relatam Silva e Albuquerque (2016) sobre como os igarapés de Manaus foram transformados ao longo do tempo devido a modernização.

As Unidades de Conservação são imprescindíveis para manutenção das poucas áreas verdes existentes nas cidades. O baixo grau de preservação das nascentes aqui avaliadas em áreas protegidas, mostra a omissão do Poder Público em atender a regulamentação criada por meio da Lei de nº 4.505, de 25 de julho de 2017, que dispõe sobre a proteção às nascentes, olhos d'água e vegetação natural no seu entorno e dá outras providências, citados em seu Art. 1.º onde ficam protegidas as nascentes, olhos d'água e vegetação natural no seu entorno, situadas no âmbito territorial do Estado do Amazonas. No Art. 3.º fica determinado nas nascentes e olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, um perímetro, no raio mínimo de 50 metros, denominado Perímetro de Conservação de Nascentes e Olhos D'água, no qual é proibida a derrubada de árvores e qualquer outra forma de desmatamento, conforme Legislação Federal. Se faz necessário que haja um consenso entre a gestão ambiental e a população, não devendo apenas criar espaços verdes, mas mostrar aos usuários porque estes lugares são necessários para a preservação dos igarapés. Neto et al. (2020) demonstram que a população vizinha do Parque Nascentes do Mindú está satisfeita com a presença do Parque, porém também apontam os problemas que o mesmo enfrenta como falta de segurança e despejo de lixo. Portanto, para os autores, são necessários investimentos e a realização de atividades que busquem mostrar a importância do Parque para a população.

Machado (2012), aplicou o Protocolo de Avaliação Rápida de Callisto et al. (2002) em todo curso do igarapé do Mindú e concluiu que, a nascente localizada no Parque Nascentes do Mindú (P4– Figura 3), se encontrava em seu estado natural, porém, após sair do Parque o igarapé já apresentava impacto devido ao lixo e esgoto que recebe ao longo do seu curso. Beltrão et al. (2018) verificaram que os igarapés pertencentes ao Quarenta localizados na UFAM ainda apresentam bom grau de preservação, contudo, os igarapés que drenam para o Mindú, localizados na fronteira com a área urbana, são os mais afetados pela ação antropogênica e onde foram encontradas espécies exóticas de peixes. Portanto, independentemente de a nascente estar em área protegida, a mesma ainda pode sofrer impactos, isto porque as unidades de conservação geralmente não abrangem toda a bacia hidrográfica (PESCIOTTI et al., 2010; AZEVEDO-SANTOS et al., 2019).

Gomes et al. (2005) revelam que, das 16 nascentes avaliadas em seu estudo, a maioria se encontrava em estado ruim ou de péssimo grau de preservação. Para estes autores, avaliações como o IIAN são necessárias, visto que a proximidade com o meio urbano tem levado a degradação das nascentes e essas informações podem ser ferramentas para ações de preservação desses ambientes. Leal et al. (2017) que utilizaram o IIAN, consideram uma metodologia eficaz, de fácil compreensão e aplicação para o manejo e controle dos impactos em nascentes. Silva et al. (2014), Felipe e Júnior (2012) utilizaram o IIAN e obtiveram resultados satisfatórios quanto a descrição da preservação de nascentes. Oliveira et al. (2013) aplicaram o IIAN na avaliação de 28 nascentes no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora e identificaram que a maioria das nascentes estava no limite de uma boa integridade e nenhuma em ótimo estado. Pesciotti et al. (2010) conciliaram a aplicação do IIAN com métodos quantitativos para análise da qualidade da água.

Quanto a qualidade de água das nascentes dos igarapés avaliados (Tabela 5), o pH é a principal variável que apresenta valores acima do esperado nas nascentes avaliadas (P1, P2 e P6), considerando o tipo de água das mesmas (MYSTER, 2018). As demais variáveis se encontram dentro do normal, com exceção de algumas nascentes, possivelmente devido a presença de alguns elementos poluentes observados durante a avaliação.



Figura 3. Nascente localizada no Parque Nascentes do Mindú (P4). Foto: Glenda Katherine Dias.

Tabela 5. Valores das variáveis físicas e químicas das águas das nascentes

| Pontos Amostrais | Local | pH | Temperatura (°C) | OD (mg/l) | CE (uS/cm) | IL (lux) | Vazão (m ³ /s) |
|------------------|---------------------------|-----|------------------|-----------|------------|----------|---------------------------|
| P1 | RVS Sauim-Castanheiras | 6,3 | 28,1 | 7,1 | 21,1 | - | 0,050 |
| P2 | UFAM | 4,3 | 25,5 | 4,4 | 16,2 | - | 0,008 |
| P3 | Parque Estadual Sumaúma | 6,2 | 25,5 | 3,1 | 97,3 | 11,1 | 0,031 |
| P4 | Parque Nascentes do Mindú | 5,3 | 26,1 | 5,6 | 21,9 | 181,8 | 0,007 |
| P5 | Parque Municipal do Mindú | 6,9 | 26,7 | 7,2 | 94,1 | 132,0 | 0,011 |
| P6 | IFAM | 6,5 | 26,3 | 6,8 | 18,5 | 780,0 | 0,101 |

A alta condutividade elétrica obtida nas nascentes do Parque Sumaúma (P3) e Parque Municipal do Mindú (P5) são possivelmente causadas por despejo de poluentes, evidenciado pela presença de espuma. A elevada degradação das APPs, em algumas nascentes (P1, P4, P5 e P6), como vegetação secundária e clareiras, influenciou variáveis como temperatura e intensidade de luz que apresentaram valores acima do esperado. Na nascente P6 a degradação da APP levou a erosão nas margens, ao aumento de vazão e alta intensidade de luz (FERNANDES et al., 2014). Marmontel e Rodrigues (2015) observaram que as nascentes com a mata ciliar preservada apresentaram valores adequados de variáveis como temperatura, pH, turbidez entre outros, enquanto o oposto foi obtido para nascentes com mata ciliar degradada. Sendo assim, para esses autores a preservação da mata ciliar é essencial, pois, esta atua nos processos biológicos e químicos do ambiente. Melo et al. (2005), encontraram nascentes dos igarapés do Quarenta (RVS Sauim-Castanheiras) e do Mindú ainda íntegras com águas ácidas, baixa condutividade elétrica e altos teores de oxigênio dissolvido. Cunha e Corrêa (2011) aplicaram o Índice de Estado Trófico (IET) em nascentes na RVS Sauim-Castanheiras (igarapé do Quarenta) e no igarapé do Mindú, foram classificadas como ambientes com média produtividade. Os autores compararam os dados a anos anteriores e observaram que estas nascentes já vinham sofrendo alterações, deixando de serem oligotróficas, o que seria o esperado para um ambiente preservado.

Os Índices de Integridade Ambiental ou Protocolos de Avaliação Rápida são metodologias facilmente aplicáveis, levando em consideração os objetivos e as peculiaridades de onde será aplicado, portanto, sujeitos a adaptações (ARAUJO et al., 2020). O uso do IIAN aliado a análise de qualidade de água, se mostram ferramentas úteis para atestar as condições ambientais das nascentes. A seguir, destaca-se alguns dos parâmetros de interesse para a avaliação de nascentes. A cor da água depende da presença de material orgânico relacionado principalmente a decomposição de folhas, de esgotos e efluentes industriais (GOMES, 2015). Essa coloração é influenciada pelo solo e pela estação chuvosa que lixivia as partículas do solo, transferindo as características deste, como sua cor, para a água. Para tanto, é necessário saber o mínimo sobre as características da bacia hidrográfica local. O odor da água

poderá indicar se a nascente está com alta atividade de decomposição por bactérias, fungos etc. devido a presença de vegetação ou pelo despejo de poluentes (GOMES, 2015).

O revestimento do solo pela vegetação influencia na qualidade da água, pois, funciona como um filtro de poluentes que possam estar presentes no solo, além disso, a nascente está sujeita a erosão, devido a água que sai da mesma, e a chuva, logo, a cobertura vegetal evita a erosão e o assoreamento do leito (VIEIRA, 2017). Os rios na bacia Amazônica em sua maioria são sinuosos, chamados também de meandantes, assim, é esperado para as águas que afloram das nascentes tenham esse formato (PASSOS & SOARES, 2017). Quando o leito do corpo d'água perde essas características, apresenta alteração do ecossistema, eliminação das áreas naturais de inundação, erosão e aumento da vazão (FASOLA, 2011).

A composição do solo também se faz importante para avaliar o estado de preservação da nascente, assim como Callisto et al. (2002), incluem em seu protocolo de avaliação, para tanto, é necessário observar como o leito da nascente se compõe, se há liteiras, troncos e outros materiais. As árvores influenciam principalmente na temperatura do local, além de manter o solo úmido por mais tempo após uma chuva, retardando assim a evaporação da água e alimentando a nascente, uma parte desta água é infiltrada no solo, protegendo também da erosão e do assoreamento (VIEIRA, 2017). Portanto, é imprescindível que a mata ciliar seja preservada e, se estiver deteriorada, se sugere o reflorestamento usando espécies nativas (CHELLAIAH & YULE, 2018).

Arelado aos parâmetros anteriormente citados, se faz necessário observar se na nascente há qualquer tipo de resíduo não natural como resíduos sólidos em seu entorno, materiais flutuantes, espumas e óleos. A Resolução do CONAMA 357 de 2005, determina que estes materiais devem estar ausentes para que não comprometa a qualidade da água, alterando os valores de condutividade elétrica (CE), pH, oxigênio dissolvido (OD) e nutrientes. Portanto, a qualidade de água pode ser testada por meio de variáveis físico-químicas (BHATERIA & JAIN, 2016).

O valor de pH é resultante da quantidade de hidrogênio e hidroxila na água, conferindo característica ácida, neutra ou básica (BUCK et al., 2002). A condutividade elétrica depende da concentração de íons dissolvidos na água e da bacia de drenagem (BHATERIA & JAIN, 2016). O valor de oxigênio dissolvido pode indicar processos de eutrofização, principalmente se há grandes quantidades de material orgânico, o que leva os microrganismos a consumirem muito oxigênio, reduzindo o valor deste no ambiente (BHATERIA & JAIN, 2016). Com a supressão vegetal, os valores de temperatura podem se tornar elevados, alterando o ecossistema (BROADMEADOW et al., 2011). Para Valente e Gomes (2011), é necessário saber o comportamento das bacias hidrográficas e para isso é importante conhecer a quantidades de água produzidas, determinadas por dados de vazão desses ambientes.

Com base nos fatores e variáveis anteriormente citados e de acordo com as características locais, propõem-se que outros fatores sejam observados para melhor caracterizar as condições ambientais das nascentes que se adequam ao cenário local (Tabela 6). Devido aos corpos d'água

desta região serem naturalmente meandantes e possuírem abundância de liteiras, considera-se estes aspectos relevantes para a avaliação das nascentes, visto que, se relacionam a aspectos naturais presente em todos os ambientes. Na Tabela 7 encontra-se o grau de preservação de acordo com a proposta de avaliação da Tabela 6. Propõem-se ainda que sejam analisadas as seguintes variáveis físicas e químicas da água: pH, temperatura (°C), oxigênio (mg/l), condutividade elétrica (uS/cm), intensidade de luz (lux) e vazão (m³/s).

Tabela 6. Proposta de fatores para avaliação das nascentes

| Parâmetros | Ruim (1) | Médio (2) | Bom (3) |
|---|---|--|--|
| Cobertura vegetal do solo | Degradada ou ausente | Baixa degradação | Preservada |
| Meandros (10 m) | Ausente | Alguns (1 e/ou 2) | Muitos (3 e/ou 4) |
| Erosão próximo e/ou nas margens e assoreamento em seu leito | Acentuada | Moderada | Ausente |
| Composição do leito | Liteiras ausentes, sem troncos, fundo uniforme e/ou areia livre | Poucas liteiras, poucos troncos/galhos | Muitas liteiras, muitos troncos/galhos |

Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2005); Callisto et al. (2002); Felipe (2009); e Nessimian et al. (2008).

Tabela 7. Classificação das nascentes quanto ao grau de preservação de acordo com o IIAN proposto

| Classe | Grau de preservação | Pontuação |
|--------|---------------------|-----------|
| A | Ótimo | 40-42 |
| B | Bom | 39-37 |
| C | Razoável | 34-36 |
| D | Ruim | 31-33 |
| E | Péssimo | ≤30 |

Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2005); Callisto et al. (2002); Felipe (2009) e Nessimian et al. (2008)

Conclusão

As nascentes avaliadas apresentaram, em sua maioria, grau de preservação entre razoável e péssimo.

Os resultados referentes a qualidade de água confirmam que as nascentes já não se encontram íntegras.

A maioria das nascentes que apresentaram baixo grau de preservação, também apresentaram baixa qualidade de água. Assim, a metodologia do IIAN junto a análise das variáveis físicas e químicas atenderam os objetivos.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Limnologia da Faculdade de Ciências Agrárias/UFAM, Hélio Beltrão e Samuel Barbosa.

Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711–728, 2013.
- AMAZONAS. Lei Nº 4.505 de 5 de julho de 2017. Diário Oficial do Amazonas, AM, 2017. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br>>. Acesso em: 29/01/2020.
- ANJOS, H. D. B. Efeitos da fragmentação florestal sobre as assembleias de peixes de igarapés da zona urbana de Manaus, Amazonas. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 2007.
- ARAUJO, R.; SANTOS, J.; GHIDINI, A.; SANTOS, L.; SILVA, P.; SANTOS, L. Diagnóstico da integridade ambiental de trechos de um igarapé por meio de protocolo de avaliação rápida – Rio Branco, AC. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, v.9, n.4, p.28–38, 2020.
- AZEVEDO-SANTOS, V. M.; FREDERICO, R. G.; FAGUNDES, C. K.; POMPEU, P. S.; PELICICE, F. M.; PADIAL, A. A.; Protected areas: A focus on Brazilian freshwater biodiversity. *Diversity and Distributions*, v.25, n.3, p.442–448, 2019.
- BARBOSA, A. de J. Voçorocas e a produção de sedimentos na bacia da Colônia Antônio Aleixo em Manaus (AM). Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2013.
- BELTRÃO, H.; MAGALHÃES, E. R. S.; COSTA, S. B. da; LOEBENS, S. de C.; YAMAMOTO, K. C. Ictiofauna do maior fragmento florestal urbano da Amazônia: sobrevivendo ao concreto e à poluição. *Neotropical Biology and Conservation*, v. 13, n.2, p.124–137, 2018.
- BHATERIA, R.; JAIN, D. Water quality assessment of lake water: a review. *Sustainable Water Resources Management*, v.2, n.2, p.161–173, 2016.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 053, p. 58-63, 17 mar. 2005.
- BRASIL. Lei Nº 87.455 em 12 de agosto de 1982. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1982.
- BROADMEADOW, S. B.; JONES, J. G.; LANGFORD, T. E. L.; SHAW, P. J.; NISBET, T. R. The influence of riparian shade on lowland stream water temperatures in southern England and their viability for brown trout. *River Research and Applications*, v.27, n.2, p.226–237, 2011.
- BUCK, R. P.; RONDININI, S.; COVINGTON, A. K.; BAUCKE, F. G. K.; BRETT, C. M. A.; CAMOES, M. F.; et al. Measurement of pH. Definition, standards, and procedures (IUPAC Recommendations 2002). *Pure and Applied Chemistry*, v.74, n.11, p.2169–2200, 2002.
- CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 14, n. 1, p. 91–98, 2002.
- CASSIANO, K. R. M.; COSTA, R. C. Análise geográfica de áreas de risco em bacias hidrográficas urbanizadas: a bacia do Mindu em Manaus (AM). *Territorium*, v.1, n. 19, p. 155-160, 2012.

- CHELLAIAH, D.; YULE, C. M. Effect of riparian management on stream morphometry and water quality in oil palm plantations in Borneo. *Limnologica*, v.69, p.72–80, 2018.
- CUNHA, H. B.; CORREA, G. F. Avaliação do grau de eutrofização de dois igarapés urbanos de Manaus-AM. In: *Jornada de Iniciação Científica PIBIC INPA–CNPq/FAPEAM, Manaus. Anais...Manaus, 2011.*
- FASOLA, G. B. Protocolo de avaliação rápida da integridade de cursos d'água em áreas urbanas a partir da análise de variáveis físico-químicas e biológicas da água. 168f. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.
- FELIPPE, M. F. Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais. 277f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.
- FELIPPE, M. F.; JÚNIOR, A. P. M. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte- MG. *Revista Geografias*, v.8, n.2, p.8–23, 2012.
- FERNANDES, J. de F.; SOUZA, A. L. T.; TANAKA; M. O. Can the structure of a riparian forest remnant influence stream water quality? A Tropical case study. *Hydrobiologia*, v.724, n.1, p.175-85, 2014.
- FRANZINELLI, E. 2011. Características morfológicas da confluência dos rios Negro e Solimões (Amazonas, Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, v.41, n.4, p.587–596.
- FROTA, K. P. P. Igarapé do Quarenta: A reprodução do espaço e seus agentes sociais. *Revista de Estudos Amazônicos*, v.13, n.2, p.60–79, 2017.
- GOMES, E. R. Diagnóstico e avaliação ambiental das nascentes da Serra dos Matões, município de Pedro II, Piauí. 137f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2015.
- GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. *Sociedade & Natureza*, v.17, n.32, p.103–120, 2005.
- IBGE. Malhas municipais. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 27/01/2020.
- JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; WITTMANN, F.; SCHÖNGART, J. *Várzeas Amazônicas: Desafios para um Manejo Sustentável*. 1ed. Manaus: Editora do INPA, 2020, 310p.
- LEAL, M. S.; TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; MINGOT, R. Caracterização hidroambiental de nascentes. *Ambiente & Água*, v.12, n.1, p.146–155, 2017.
- LEAL, T. S.; OLIVEIRA, B. R. G.; REZENDE, P. O. B. Mapeamento e avaliação dos impactos ambientais nas nascentes do município de Niterói- RJ: Análise macroscópica. In: *Workshop Arte & Ciência, 2017, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2017.*
- MACENA, L. S. S. de; COSTA, R. C. A Cidade como Espaço do Risco: Estudo em Bacias Hidrográficas de Manaus, Amazonas – BR. *Revista Geonorte*, v.3, n.4., p.318–330, 2012.
- MACHADO, A. L. S. A educação ambiental para gestão sustentável da água: estudo de caso do Igarapé do Mindú- Manaus, AM. 246f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

- MANAUS. 2012. Lei Nº 1.503 de 27 de março de 2012. Diário Oficial de Manaus, AM. Disponível em: <<http://dom.manaus.am.gov.br>> Acesso em: 29/01/2020.
- MANAUS. 2006. Lei Nº 8351 de 17 de março de 2006. Diário Oficial de Manaus, AM. Disponível em: <<http://dom.manaus.am.gov.br>> Acesso em: 29/01/2020.
- MANAUS. 1993. Lei Nº 219, de 11 de novembro de 1993. Diário Oficial de Manaus, AM. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/am/m/manaus/lei-ordinaria/1993/22/219/lei-ordinaria-n-219-1993-institui-o-conselho-municipal-do-meio-ambiente-o-fundo-municipal-para-o-desenvolvimento-e-meio-ambiente-o-jardim-botanico-de-manaus-as-reservas-ecologicas-do-mindu-e-taruma-e-da-outras-providencias>> Acesso em: 29/01/2020.
- MARCIANO, A. G.; SILVA, L. F.; SILVA, A. P. M. Diagnóstico das nascentes da bacia hidrográfica do córrego do Vargedo. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v.5, n.3, p.330–342, 2016.
- MELO, F. E. G.; MIRANDA, S. A. F.; SILVA, M. S. R. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus-Amazonas. *Caminhos de Geografia*, v.5, n.16, p.40-47, 2005.
- MYSTER, R. W. Introduction. In *Igapó (Black-Water Flooded Forests) of the Amazon Basin*. (Org) MYSTER, R. W. Cham: Springer International Publishing. 2018, Cap.1, p.1–19.
- NESSIMIAN, J. L.; VENTICINQUE, E. M.; ZUANON, J. A. S.; BATISTA, D. J.; FIDELIS, L.; JUAN, L.; MARCO, P.; GORDO, M. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*, v.614, n.1, p.117–131, 2008.
- NETO, N. F. de A. L.; VIANA, Á. L.; SILVA, J. R. C. da; SANTOS, R. M. da S.; NEVES, R. K. R.; SILVA, N. M. da. Avaliação e percepção ambiental do parque nascentes do Mindu: subsídios para sua conservação. *Research, Society and Development*, v.9, n.12, p.1–18, 2020.
- OLIVEIRA, E. G.; RABELLO, A. Planejamento Ambiental em bacias Hidrográficas: Um estudo preliminar de indicadores socioambientais na Microbacia do Quarenta (Manaus-AM). In: *Congresso Brasileiro de Organização do Espaço*, 1, 2010, Rio Claro. Anais...Rio Claro, 2010.
- OLIVEIRA, F. R. de; CECÍLIO, R. A.; ZANETTI, S. S.; FERRAZ, F. T. Caracterização hidroambiental como indicador de qualidade de água em nascentes. *Caminhos de Geografia*, v.21, p.276–294, 2020.
- OLIVEIRA, M. C. P.; OLIVEIRA; B. T. Á.; DIAS, J. S.; MOURA, M. N.; SILVA, B. M.; SILVA, S. V. B.; FELIPPE, M. F. Avaliação macroscópica da qualidade das nascentes do campus da Universidade Federal de Juiz de Fora. *Revista de Geografia*, v.3, n.1, p.1–7, 2013.
- PASSOS, M. S.; SOARES, E. A. A. Análise multitemporal do sistema fluvial Solimões-Amazonas entre os tributários Purus e Negro, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geologia USP*, v.17, n.1, p.61–74, 2017.
- PEREIRA, P. H. V.; PEREIRA, S. Y.; YOSHINAGA, A.; PEREIRA, P. R. B. Nascentes: análise e discussão dos conceitos existentes. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v.7, n.2, p.139–151, 2011.
- PESCIOTTI, H.; COELI, L.; LAVARINI, C.; FELIPPE, M.; JÚNIOR, A. M. Estudo morfológico e ambiental de nascentes em parques urbanos de Belo Horizonte–MG. In: *Simpósio Nacional de Geomorfologia, Encontro Íbero-Americano de Geomorfologia, Encontro Latino Americano de Geomorfologia*, 8, 1, 3, 2010, Recife. Anais...Recife, 2010.


- SALEM, J. I.; FONSECA, O. J. Bacilos álcool-ácido resistentes na água do lago do Aleixo. *Hansen. Int.*, v.7, n.1, p.25–35, 1982.
- SATYAMURTY, P.; COSTA, C. P. W. da; MANZI, A. O.; CANDIDO, L. A. A quick look at the 2012 record flood in the Amazon Basin. *Geophysical Research Letters*, v.40, n.7, p.1396–1401, 2013.
- SCHERER, E.; FILHO, I. M. Injustiça ambiental em Manaus. In: Encontro Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, 2, 2004, Manaus. Anais... Manaus, 2004.
- SILVA, E. S.; ALBUQUERQUE, A. R. C. Igarapé do Mestre Chico: de paisagem organizada à ocupação desordenada. In: SICASA e ANPPAS, 2016, Manaus. Anais...Manaus: UFAM/ANPPAS, 2016.
- SILVA, F. L.; TAVARES, T. S.; ALMEIDA, M. F. F.; ZANITTI, R.; FARESI, L. Avaliação macroscópica de duas nascentes do Alto Monjolinho (São Carlos, SP). In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 5, 2014, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte, 2014.
- SIOLI, H. Das wasser im Amazonasgebiet. *Forschungen und Fortschritte*, v.26, n.21/22, p.274–280, 1950.
- SOUZA, C. R. de; AZEVEDO, C. P. de; ROSSI, L. M. B.; SILVA, K. E. da; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Dinâmica e estoque de carbono em floresta primária na região de Manaus/AM. *Acta Amazonica*, v.42, n.4, p.501–506, 2012.
- TORRES, F. T. P. Mapeamento e análise de impactos ambientais das nascentes do córrego Alfenas, Ubá (MG). *Revista de Ciências Agroambientais*, v.14, n.1, p.45–52, 2016.
- USGS. Earth Explorer. 2014. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 27/01/2020.
- VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. Conservação de nascentes: produção de água em pequenas bacias hidrográficas. 2.ed. Aprenda Fácil Editora, 2011, 267p.
- VIEIRA, P. D. Análise do estado de conservação de nascentes do ribeirão Dores do Turvo em Dores do Turvo, MG. In: Encontro Nacional dos Estudantes de Engenharia Ambiental, 2017, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte, 2017.

CAPÍTULO IX

APLICAÇÃO DO NDVI PARA ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE VIRGINÓPOLIS-MINAS GERAIS


Luis Carlos da Silva Soares

Mestrando em Genética e Melhoramento de Plantas, UFLA, Engenheiro Florestal, Lavras-MG
luis.soares@estudante.ufla.br

 <https://orcid.org/0000-0003-2994-3603>


Philipe Guilherme Corcino Souza

Doutorando em Produção Vegetal, UFVJM, M.Sc. UFSJ, Engenheiro Agrônomo, Diamantina-MG,
philipe.corcino@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8117-2394>


Breno Silva da Cruz Queiroz

Graduado em Engenharia Florestal, IFMG, São João Evangelista – MG
breno.engflorestal@hotmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/7116744220110598>


Gracielle Maria Pereira Reis

Graduada em Engenharia Florestal, IFMG, São João Evangelista – MG
graciellereiss@hotmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/8785048683232547>

Carlos Henrique Souto Azevedo

Mestrando em Silvicultura, UFVJM, Engenheiro Florestal, Diamantina-MG
carlos.azevedo@ufvm.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-2031-4280>

Introdução

Com o avanço das tecnologias e ferramentas adequadas à gestão ambiental a observação da Terra por meio de satélites artificiais é a maneira mais efetiva e econômica de coletar os dados necessários para monitorar e modelar os fenômenos naturais e antrópicos, principalmente nos países de grande extensão territorial como o Brasil. Através de programas dedicados exclusivamente para tratamento de imagens, podem-se gerar diferentes composições de cores e classificações temáticas dos objetos nelas identificados, obtendo-se então produtos como mapas temáticos que são usados para

estudos de geologia, vegetação, uso do solo, relevo, agricultura, rede de drenagem, inundações, entre outros (SAUSEN, 2007).

É notório que a vegetação exerce um papel fundamental em todo sistema ambiental. Logo, sua retirada leva a danos ambientais como o aumento do impacto das gotas da chuva ao atingirem o solo, provocando erosão laminar e um rápido escoamento superficial, refletindo na diminuição da infiltração das águas e o abastecimento dos aquíferos, provocando grandes alterações e modificando a paisagem (LIMA et al., 2015).

Sendo assim, a análise da vegetação e a detecção de mudanças são realizadas com o intuito de avaliar os recursos naturais e monitorar a cobertura vegetal. Logo, o aprimoramento do conhecimento da interação, resposta eletromagnética e a vegetação, têm ocorrido pela realização de estudos no tema referido por Comportamento Espectral da Vegetação. Este fato representa as características de reflectância da resposta eletromagnética pelas folhas, plantas individuais e conjunto de plantas (dossel) (VERHULST et al., 2009; WEIR & HERING, 2012; JOHNSON & TROUT, 2012).

De acordo com Freitas Filho (1993), as vantagens de utilizar dados de sensoriamento remoto nos levantamentos de uso atual das terras, são as possibilidades de atingir grandes áreas de difícil acesso e fazer o imageamento às altas altitudes, possibilitando uma visão sinóptica da superfície terrestre, com respectividade, viabilizando as ações de monitoramento. Os Índices espectrais de vegetação ou simplesmente índices de vegetação, têm sido largamente utilizados para monitorar a cobertura vegetal da Terra em escalas global e/ou local (MIURA et al., 2001).

Segundo Binder et al. (2009), o Índice por Diferença Normalizada (NDVI) possui um importante papel no estudo e no entendimento da distribuição dos tipos de vegetação ao redor do mundo, assim como o de suas propriedades físicas, estruturais e variações temporais e espacial. Braz et al. (2015), afirmam em seus estudos que os resultados do NDVI vão de -1 a 1, onde os valores mais próximos de 1 representam áreas com maiores quantidades de vegetação fotossinteticamente ativa, enquanto os valores mais próximos de -1 representam áreas com menor quantidade de vegetação.

Diante do exposto, tal trabalho tem como objetivo avaliar a cobertura vegetal do município de Virginópolis-MG em um período de 20 anos, buscando correlacionar o comportamento apresentado pelo mesmo com índices de pluviosidade e desenvolvimento agropecuário local.

Material e Métodos

A área de estudo deste trabalho é o município de Virginópolis-MG, localizado no leste do estado de Minas Gerais, pertencente à mesorregião do vale do Rio Doce e microrregião de Guanhões compreendendo-se entre as latitudes 206400.000S – 2097900.00S longitudes 732600.00E - 765900.00E com área aproximada de 440,424 km² e clima tropical com população estimada de 10.040 habitantes segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018).

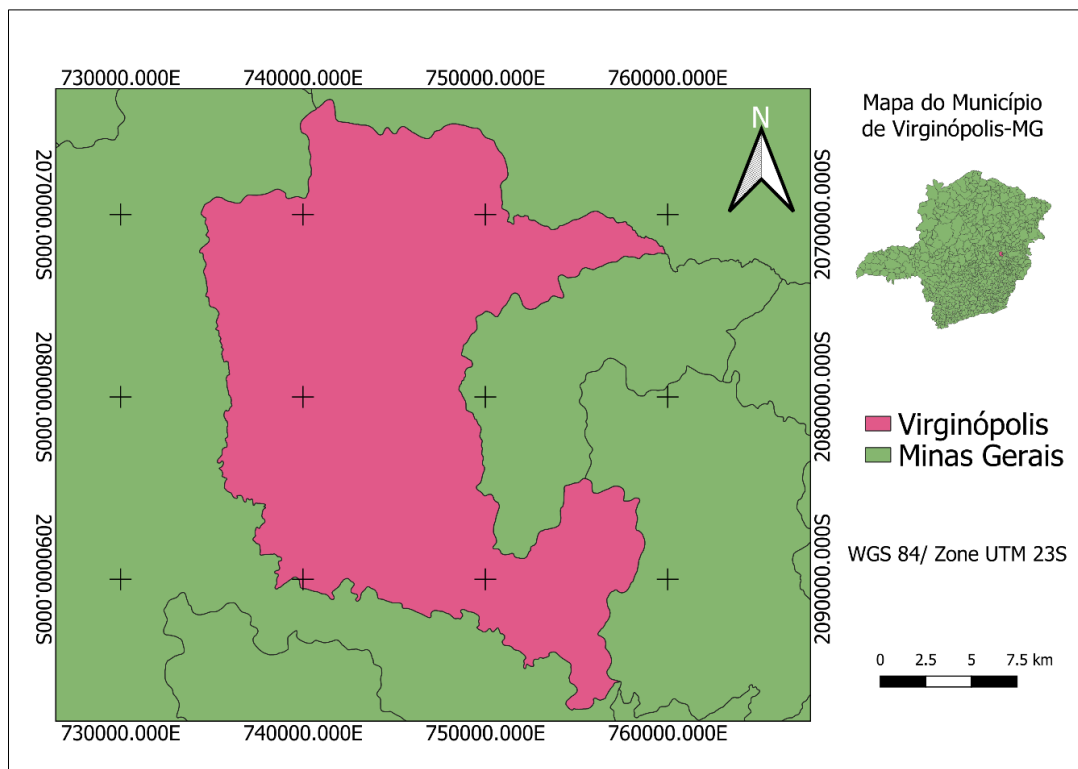


Figura 3. Mapa de localização do município de Virginópolis-MG.

Fonte: adaptado de IBGE (2019).

Para este trabalho foram adquiridas imagens de satélites dos períodos listados na Tabela 1 oriundas dos satélites LANDSAT 5 e 8 da órbita 217/073 disponíveis no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. O processamento de imagens ocorreu no software Qgis versão 3.6.2 sendo este, um programa gratuito de código aberto. Foram selecionadas imagens com o mínimo de cobertura de nuvens principalmente para o primeiro quadrante onde se encontra o município de estudo.

Tabela 1. Datas das imagens obtidas com seus respectivos satélites e órbitas

| Data | Satélite | Órbita |
|------------|-----------|--------|
| 12/08/1999 | LANDSAT 5 | 217/73 |
| 26/08/2010 | LANDSAT 5 | 217/73 |
| 24/08/2015 | LANDSAT 8 | 217/73 |
| 19/08/2019 | LANDSAT 8 | 217/73 |

Fonte: INPE (2019).

O pré-processamento se iniciou pela reprojeção das imagens de satélite para o hemisfério sul seguido de correção radiométrica e geométrica, sendo para este último aplicado o método de uniformização das médias e variâncias-UMV de Leonardi et al. (2003).

Após seguiu-se para o cálculo de NDVI pela ferramenta de Calculadora Raster presente no Qgis. Para tanto, utilizou-se a Equação 1 para a obtenção da imagem de NDVI.

$$NDVI = \frac{(IV-VIS)}{(IV+VIS)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: IV = Valor de reflectância na banda do infravermelho próximo; VIS = Valor de reflectância na banda do vermelho visível.

O resultado do NDVI compreende-se no intervalo de -1 a 1 o que indicará as características de cobertura do solo. Quanto maior o valor maior será a presença de vegetação densa na área. À medida que esse índice diminui indica modificação na estrutura vegetal até ao ponto onde não se encontra vegetação (CARDOZO et al., 2011; PEREIRA, 2009).

Para uma melhor comparação da variação dos índices ao longo do tempo por local aplicou-se a fórmula de Δ NDVI, conforme o trabalho de Sacramento e Michel (2019) o qual pode ser expressa pela Equação 2.

$$DIF_{2019/x} = NDVI_{2019} - NDVI_x \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: X = Ano diferente de 2019.

Tabela 2. NDVI e suas correspondentes classes

| NDVI | Classe |
|---------------|-------------------|
| -0,2 a 0,178 | Solo exposto |
| 0,256 a 0,389 | Pastagem |
| 0,415 a 0,550 | Vegetação esparsa |
| >0,55 | Vegetação densa |

O histograma, assim como todo o trabalho com o NDVI foi realizado no software Qgis (2020). Para tanto, nos arquivos de Δ NDVI gerados foi avaliado o histograma que se refere a frequência de repetições que de cada valor de cinza da imagem. Logo, quanto mais frequente determinado valor, maior sua representatividade na cena e maior a sua área de ocupação

Para auxiliar na discussão dos resultados foram obtidos dados do IBGE (2019) acerca do desenvolvimento agropecuário do município em uma série histórica (1999-2019) bem como o levantamento do regime de chuva anual do período de 1995-2019 no município através da plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. O período dos dados foram comparados com o período da diferença de NDVI a fim de embasar a explicação sobre possíveis variações do NDVI entre os anos.

Resultados e Discussão

Na Figura 2, os histogramas de NDVI para cada ano apresentam comportamentos similares de distribuição para 1999 e 2008, onde seus valores concentraram-se em torno de 0,2 e 0,6 com distribuição média de frequência similares para ambos. Isso sugere que a maior parte do território é composta por classes que compreendem tais valores de NDVI. Para os anos de 2015 e 2019 os histogramas apresentam maior pico em 0,3 com curva leptocúrtica e distribuição de maneira similar antes e pós tal pico sugerindo possíveis alterações na cobertura do solo do município em questão.

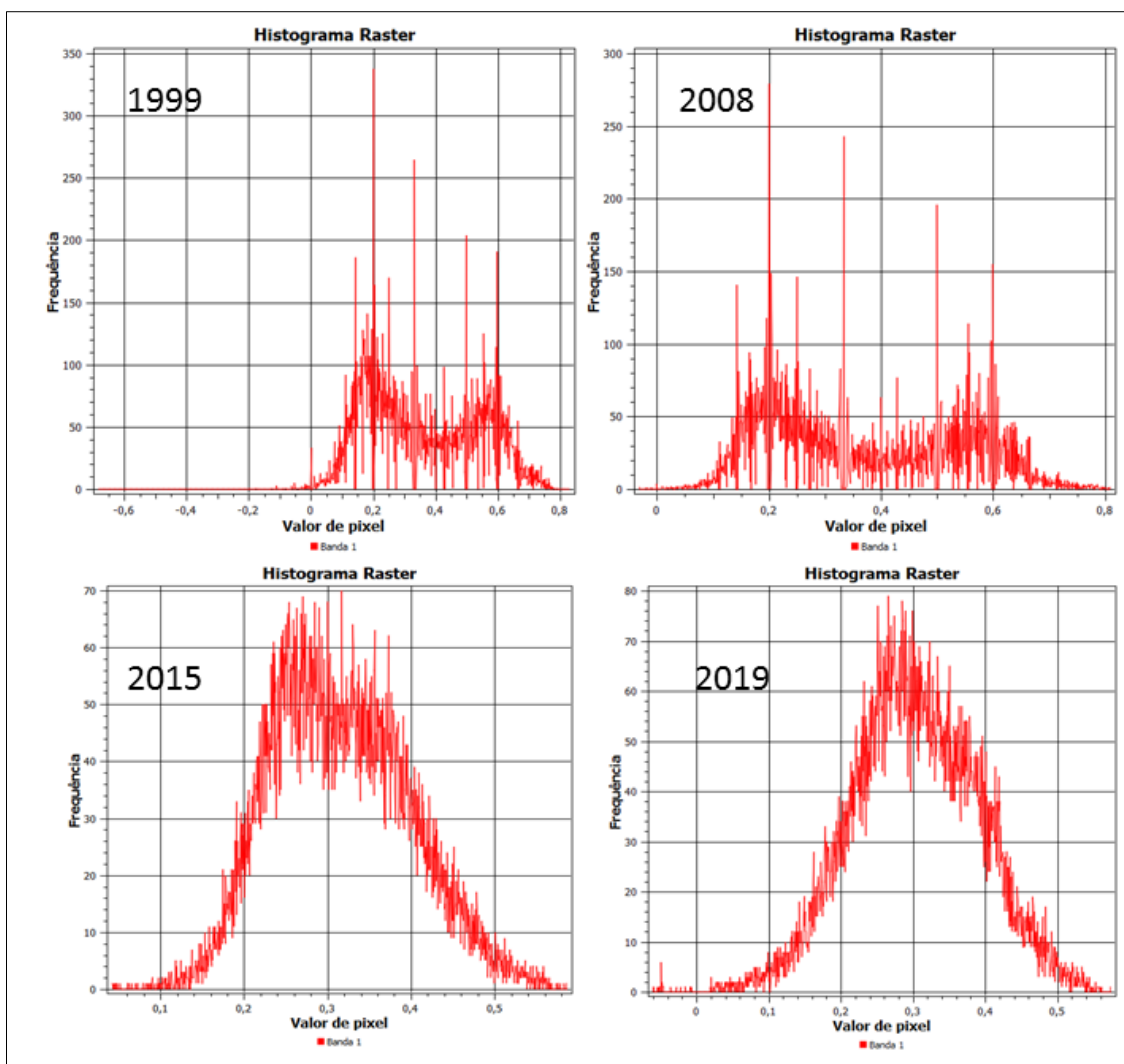


Figura 2. Histogramas do NDVI para os anos de 1999, 2008, 2015 e 2019.

Considerando que para tal período as hemicriptófitas e vegetação não saudáveis compreendem o intervalo de 0,256 a 0,389, é possível constatar que ocorre uma expansão de tal classe acentuando-se principalmente nos anos de 2015 e 2019 quando comparado com os anos de 1990 e 2008 (Figura 3). Comparando o ano de 2008 com 1999, observa-se pouca variação na cobertura vegetal do município, entretanto, é possível observar um ligeiro incremento para a classe de hemicriptófitas e vegetações pouco saudáveis.

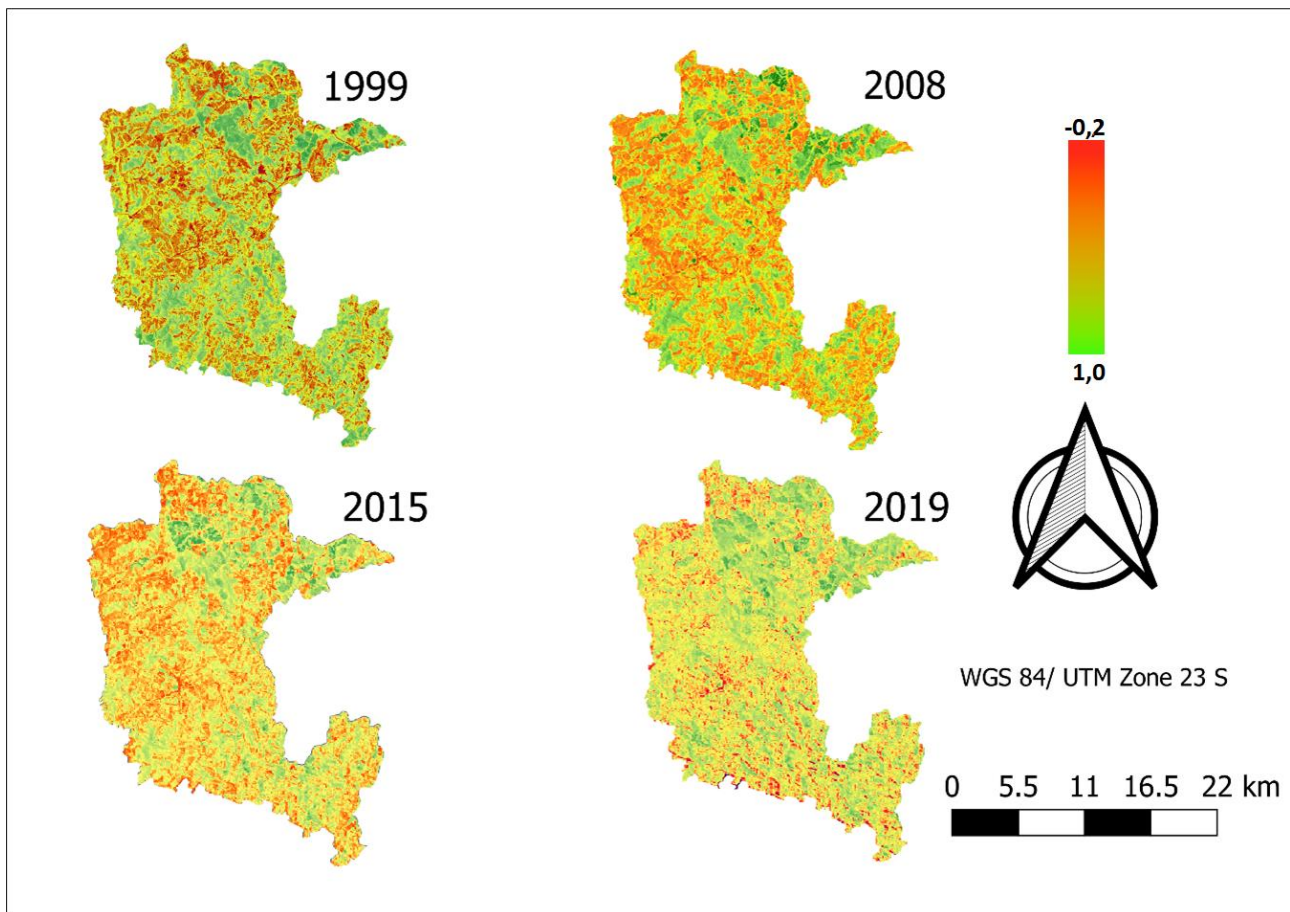


Figura 3. Mapa das classes de NDVI do município de Virginópolis.

O mapa de diferença de NDVI mostra uma maior variação entre 1999-2019 onde os valores em laranja e vermelho mostram perdas nos valores do NDVI sugerindo uma substituição da vegetação de maior NDVI por uma de menor valor, bem como possíveis alterações na morfologia e no metabolismo do vegetal (Figura 4). O mapa de 2008-2019 apresenta comportamento similar ao anterior com perdas de valores de NDVI, entretanto, este possui um maior ganho em relação ao anterior. Isso pode ser verificado na Figura 3 ao comparar o ano de 2008 com o de 2019. Observando os dois anos nota-se uma expansão da classe de 0,256 - 0,389 (2019) sobre as áreas da classe de -0,4 - 0,178 (2018). Ao se comparar a Figura 3 com 4, observa-se que esse ganho é ocasionado pela ocupação de regiões ocupadas com classes de baixos valores, por valores superiores de NDVI, principalmente pela ocupação de solos degradados por vegetação.

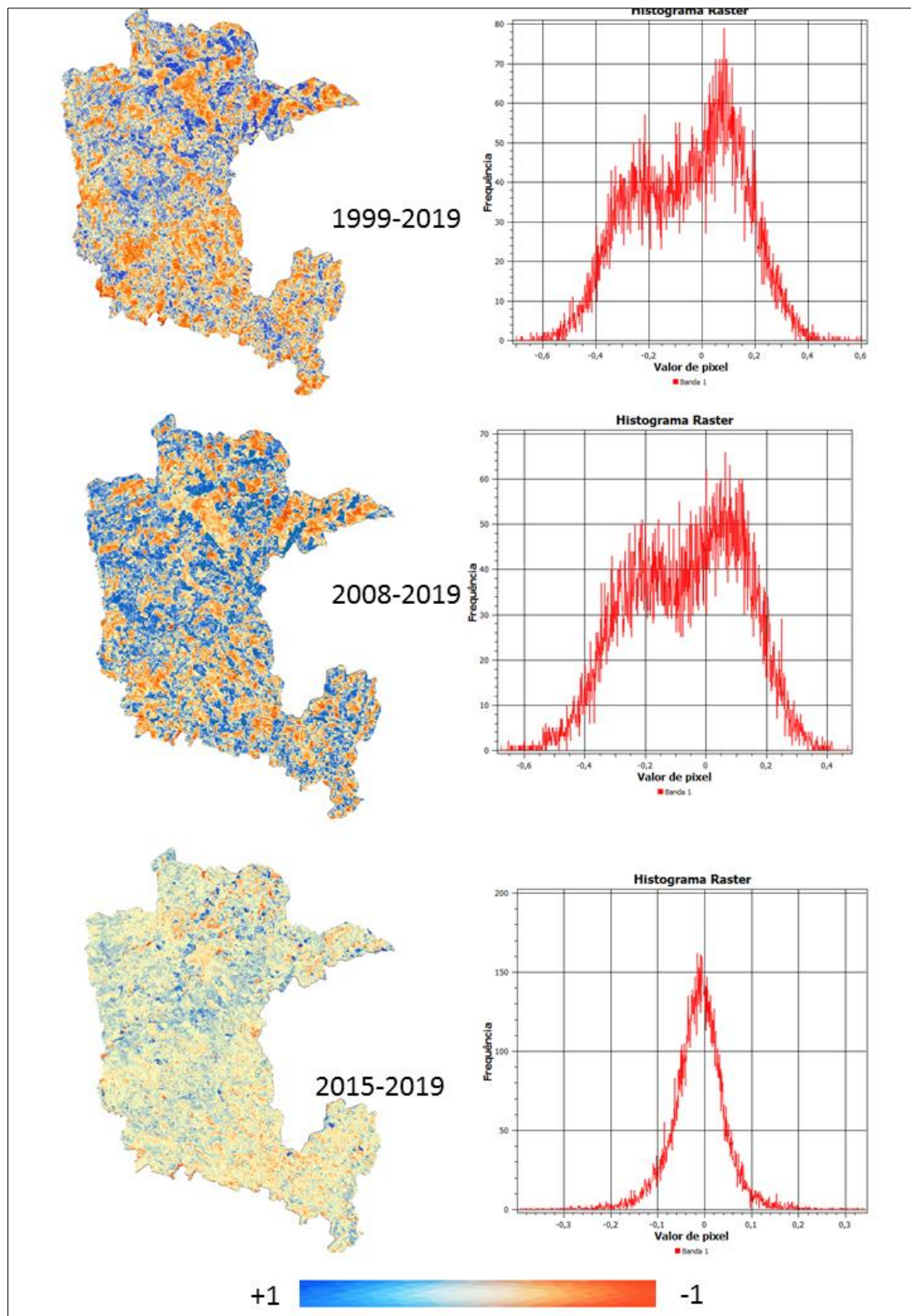


Figura 4 Mapas e histogramas das diferenças de NDVI.

As diferenças do NDVI que sugerem perdas concentram-se principalmente no intervalo de -0,4 a 0,0 para 1999-2019 e 2008 e 2019. Houve comportamento similar para o ganho de NDVI entre tais comparações acentuando-se principalmente no intervalo de 0,0 a 0,2. Observa-se pouca variação de

valores de NDVI para a 2015- 2019 os quais se concentraram principalmente em torno de 0,0 indicando pouca variação do NDVI (Figura 4).

Uma das possíveis causas da mudança do NDVI do município pode ser averiguada no contexto agropecuário presente no mesmo (Tabelas 4 e 5). Analisando o contexto socioeconômico do município observa-se o ganho de importância que o setor agropecuário com o tempo. Dados obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019) mostram um crescente aumento no número de bovinos, bubalinos e equinos criados no município bem como um aumento na área plantada de pastagem com o intuito de suprir as suas demandas de alimentação o que pode vir a corroborar com a variação pastagem (principal espécie hemipterofita observada na região).

Tabela 4. Número de bovinos, bubalinos e equinos por ano no município de Virginópolis

| Ano | Bovinos | Bubalinos | Equinos | Totais |
|-------------|----------------|------------------|----------------|---------------|
| 2004 | 12.740 | 178 | 460 | 13.378 |
| 2005 | 13.062 | 195 | 432 | 13.689 |
| 2006 | 14.001 | 208 | 390 | 14.599 |
| 2007 | 14.241 | 242 | 295 | 14.778 |
| 2008 | 13.550 | 295 | 268 | 14.113 |
| 2009 | 14.667 | 448 | 250 | 15.365 |
| 2010 | 14.868 | 462 | 238 | 15.568 |
| 2011 | 16.207 | 497 | 79 | 16.783 |
| 2012 | 16.480 | 819 | 125 | 17.424 |
| 2013 | 17.354 | 940 | 850 | 19.144 |
| 2014 | 15.950 | 920 | 550 | 17.420 |
| 2015 | 16.090 | 781 | 460 | 17.331 |
| 2016 | 16.470 | 1057 | 460 | 17.987 |
| 2017 | 16.807 | 916 | 400 | 18.123 |
| 2018 | 16.474 | 1046 | 475 | 17.995 |

Fonte: IBGE (2019).

Tabela 5. Área Plantada em hectares por tipos de Lavouras e de Pastagem nos anos de 2006 e 2017 no Município de Virginópolis

| | Lavouras (ha) | | Pastagem (ha) | | | Total (ha) |
|------|----------------------|-------------------|----------------------|------------|-------------|-------------------|
| | Permanente | Temporária | Natural | Boa | Ruim | |
| 2006 | 1.617,00 | 360,743 | 3.980 | 3.922 | 795,00 | 10.674,74 |
| 2017 | 1.923,00 | 1.272,799 | 2.206,288 | 11.280,286 | 805,442 | 17.487,82 |

Fonte: IBGE (2019).

Outro fator que pode implicar fortemente nos resultados está ligado à pluviosidade anual a qual está expressa na Figura 5. Observa-se que, nos anos de 1999 e 2008 a precipitação anual é maior que a média móvel do município. Em contrapartida, para o ano de 2015 a precipitação apresenta-se ligeiramente menor que os anos citados, bem como menor que a média.

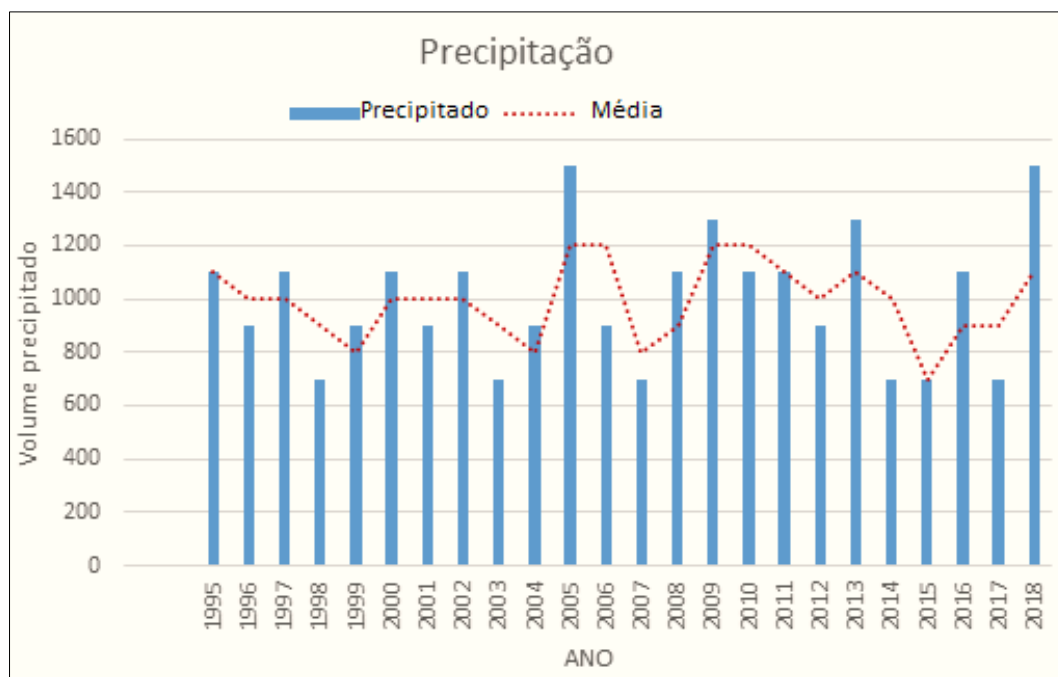


Figura 5. Pluviosidade anual do período de 1994 a 2018 do município de Virginópolis.

Fonte: INMET (2019).

Segundo Martins e Batalha (2011), a quantidade de chuva implica diretamente na qualidade e desenvolvimento do vegetal que podem sofrer diferentes modificações metabólicas ou morfológicas, variando desde a morte do indivíduo, até modificações do seu sistema fotossintético. Devido ao município se encontrar em uma zona de transição mata atlântica/cerrado e seu fitoclima ser hemicriptofítico (RAUNKIER, 1934), é possível que a menor pluviosidade tenha implicado na variação de NDVI de 2015 e 2019 quando comparado aos demais anos, corroborando com os estudos de Wang et al. (2003). Tal variação se justifica principalmente pela diminuição da cobertura foliar referente às espécies fanerófitas da mata atlântica, e o aparecimento de espécies hemicriptófitas naturais no solo, o que implica em menor absorção do vermelho provocando queda do NDVI quando comparado com espécies periniformes.

Conclusão

O município apresentou variação na cobertura do solo do ano de 1999 e 2019 acentuando-se principalmente pelo aumento em questão territorial da classe de NDVI 0,3. Tal mudança pode estar relacionada a fatores da expansão da pecuária o que acarreta no incremento de pastagem bem como diminuição do regime de chuvas o que implica em maior caduciformidade das árvores de mata

atlântica corroborando para o aparecimento de outras hemicriptófitas além da pastagem.

Referências

- BARROS, C. G. D.; OLIVEIRA, G. A. Utilização de Imagens LANDSAT 5/TM e CBERS 2B/HRC na Discriminação do Uso e Ocupação do Solo no Município de Vilhena Rondônia. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Bonito, 4, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.919-925.
- CARDOZO, F. S. et al. Avaliação de áreas queimadas a partir dos índices espectrais NDVI e NDBR. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011, Anais...Curitiba, 2011. p.7950-7957.
- CARVALHO JUNIOR, O. A. DE; HERMUCHE, P. M.; GUIMARAES, R. F. Identificação regional da Floresta Estacional Decidual na bacia do Rio Paranã a partir da análise multitemporal de imagens MODIS. Rev. Bras. Geof., v.24, n.3, p.319-332, 2006.
- FERREIRA, E.; SANTOS, J. P.; BARRETO, A. C.; DANTAS, A. A. A. Identification of small areas of semideciduous forest, by different analysts, in Lavras region, MG, using LANDSAT and CBERS satellite images. Ciênc. Agrotec., v.29, n.3, p.649-656, 2005.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário Municipal. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de março de 2019.
- JACINTHO, L. R. de C. Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de Unidades de Conservação: o caso da Área de Proteção Ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo-SP. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia). Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.
- JUNIOR, O. M. S. FUCKNER, M. A. Análise comparativa dos dados de NDVI obtidos de imagens TM/Lansat 5 na área urbana da cidade de Marabá-PA para os anos de 1984 e 2007. In: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Meio Ambiente e Sociedade. Belém, 2007.13p.
- LEONARDI, S. S.; SOUZA, S. M. DE; FONSECA, L. M. G. Comparação do desempenho de algoritmos de normalização radiométrica de imagens de satélite. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11, 2003, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte, 2003.
- LIMA, C. E. S.; GOMES, D. D. M.; LIMA, D. R. M.; DEUS, R. A. S. G.; COSTA, S. O. S. Análise multitemporal da cobertura vegetal do município de Garanhuns-PE, através dos dados de NDVI. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2015, João Pessoa. Anais...João Pessoa, 2015.
- MARTINS, F. R.; BATALHA, M. A. Formas de vida, espectro biológico de Raunkiaer e fisionomia da vegetação. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRANETO, J. A. A. Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso. v. 1. Viçosa: Editora UFV, 2011. p.44-85.
- MORAES, M. F.; ALVARENGA, A. S. Utilização de imagens LANDSAT 8 para caracterização da cobertura vegetal. Revista Online DroneGócios, 2014.
- PEREIRA, J. M. C. A Comparative Evaluation of NOAA/AVHRR Vegetation Indexes for Burned Surface Detection and Mapping. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v.37, n.1, 1999.

SANTIAGO, M. M.; SILVA, H. A.; GALVINCIO, J. D.; OLIVEIRA, T. H. Análise da cobertura vegetal através dos índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) no entorno da barragem do Botafogo-PE. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. Anais...Natal, 2009.

WANG, J.; RICH, P. M.; PRICE, K. P. Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA. *International Journal of Remote Sensing*, v.24, n.11, p.2345-2364, 2003.


ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem LANDSAT/ETM+ com atributos do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.6, p.608-614, 2013.

CAPÍTULO X

DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA ZONA URBANA DA CIDADE DE AURORA/CE


Nayanne Maria Gonçalves Leite

Mestra em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, UFCG, Sumé-PB, nayannegl@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8355-5842>


Cinthyia Santos da Silva

Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental, UFPB, João Pessoa-PB, santossinthyia@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4347-6861>


Guilherme Rodrigues Gomes

Graduando em Ciências Biológicas, UFCG, Cajazeiras-PB, guilhermegomesvida39@gmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/5947603144458637>


Maria Isabel Ferreira dos Santos

Graduanda em Engenharia Civil, IFPB, Cajazeiras-PB, isabel.ferreira.pb@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3697-9172>


Layane Moura Rodrigues

Mestranda em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, UFCG, Sumé-PB, layane_ramos@hotmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/0132902550115785>

George do Nascimento Ribeiro

Dr. Prof. CDSA, UFCG, Sumé-PB, george@ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-4225-0967>

Introdução

O saneamento básico é um importante instrumento para garantia da salubridade do meio ambiente, consistindo em um conjunto de procedimentos que buscam a manutenção da higiene e da saúde pública. Para sua caracterização pode-se destacar quatro frentes de atuação: o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos e a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas (NOHARA & POSTAL JÚNIOR, 2018).

Segundo Santos et al. (2018), a ineficácia ou ineficiência de serviços de saneamento favorece o agravamento da saúde e qualidade de vida da população. Com isso, a carência de investimentos no

setor interfere negativamente no sistema econômico, tendo em vista os gastos elevados para combater as doenças propagadas em virtude das condições sanitárias inadequadas.

Em 2015, durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável foi adotada uma agenda mundial com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas a serem atingidos até 2030, um dos ODS refere-se à Água Potável e Saneamento, o qual propõe assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos (ONU, 2015).

No Brasil, a Política Nacional de Saneamento Básico, regulamentada pela Lei nº 11.445/2007, estabeleceu algumas mudanças no setor, dentre as quais se destacam a inclusão dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e a drenagem e o manejo de águas pluviais, passando a titularidade desses serviços aos municípios, tornando-os responsáveis pela elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico, o qual deveria ter sido desenvolvido inicialmente até 2013, mas foi alterado e, conforme o Decreto nº 10.203/2020, onde o titular dos serviços tem até 31 de dezembro de 2022 para apresentação do plano (BRASIL, 2020).

A legislação brasileira prevê ainda na Lei nº 14.026/2020 algumas alterações no setor de saneamento, objetivando sua universalização e qualificação da prestação de serviços. Para isso, o novo Marco Legal do Saneamento estabeleceu a meta de atingir o acesso a água potável a 99% dos brasileiros e 90% ao tratamento e a coleta de esgoto, até 31 de dezembro de 2033 (BRASIL, 2020).

Historicamente no Brasil, as coberturas de água e de esgoto têm melhorado lentamente nos últimos anos. De acordo com o Instituto Trata Brasil (2019), em 2018, quase 35 milhões de brasileiros, o que corresponde a mais de 16% da população, ainda não tinham acesso à água tratada, além disso, apenas 53% dos brasileiros tinham acesso à coleta de esgoto, cerca de 100 milhões de pessoas não tinham esse serviço no país e somente 46% do esgoto coletado era tratado. A região Nordeste apresenta dados abaixo da média nacional, tendo 74,21% da população abastecida com água potável, com 28% dos esgotos coletados, dos quais apenas 36,24% eram tratados.

Dentre os Estados brasileiros, o Ceará apresenta 40,49% da população com cobertura de esgotamento sanitário. No entanto, 1.339.202 domicílios (57% do total de domicílios) destinam seus esgotos inadequadamente, em fossa rudimentar, vala, recursos hídricos, a céu aberto, entre outros. Dos domicílios que têm rede coletora disponível, 189.636 não estão interligados ao sistema público de esgoto (CAGECE, 2016).

Diante da precariedade do sistema de esgotamento sanitário, é notória a necessidade de estudos e investimentos que auxiliem na implantação dos serviços básicos do setor. À vista disso, o presente trabalho visa identificar as principais dificuldades para se atingir a universalização do sistema de coleta e tratamento de esgoto no município de Aurora-CE, propondo soluções que possam melhorar sua eficiência.

Material e Métodos

O município de Aurora (Figura 1), área de estudo deste trabalho está localizado na mesorregião Sul Cearense, microrregião do Barro, região político-administrativa do Cariri. Tem como municípios limítrofes, ao Norte, Lavras da Mangabeira e Ipaumirim; ao Sul, Barro, Milagres e Missão Velha; ao Leste, Cachoeira dos Índios-PB; e a Oeste, Caririaçu. Segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) a população do município é de 24.610 habitantes, estando 11.889 na zona urbana, possui área territorial de 885.836 km² e densidade demográfica de 27.73 hab./km².

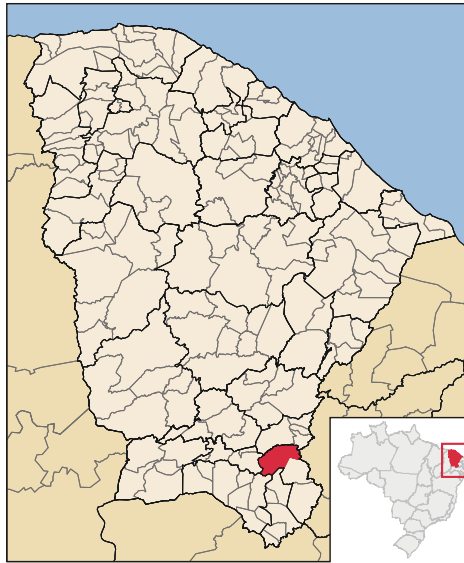


Figura 1. Localização do município de Aurora-CE. Fonte: Wikipédia (2006).

O município compreende em quatro distritos, Sede, Ingazeiras, Santa Vitória e Tipi. Atualmente a cidade apresenta nove bairros (Figura 2), Centro, Araçá, José Fernandes Campos (Conjunto Habitat - CNEC), José Freire do Amaral (Vila Freire), José Leite de Figueiredo - Zezé da Cruz (Alto da Cruz), Padre Mororó, Recreio, São Benedito (Aurora Velha) e Vila Paulo Gonçalves.

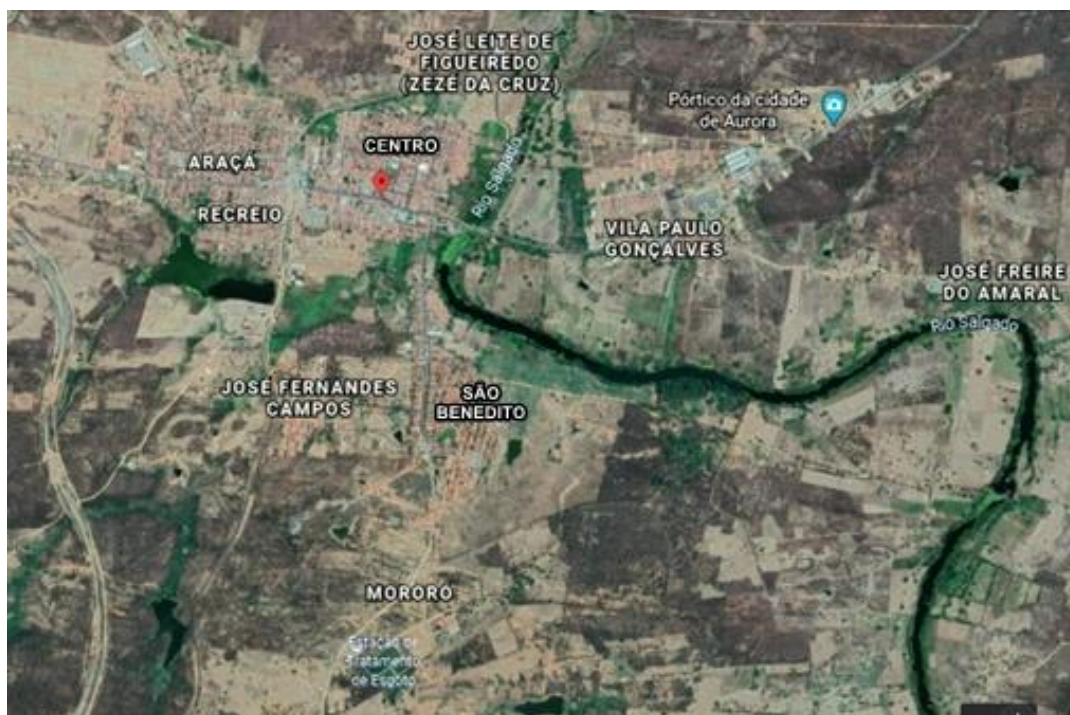


Figura 2. Bairros de Aurora-CE. Fonte: Google Earth (2020).

Emancipada em novembro de 1883, Aurora tem clima tropical quente semiárido, com pluviosidade média anual de 884,9mm. O município ocupa a 164ª posição no ranking estadual do Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) – 2017 e a 118ª posição no ranking estadual do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) – 2010, apresentando, respectivamente, valores iguais a 15,00 e 0,605 (IPECE, 2017).

O seu Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) – 2019 foi igual a 5,0, nos anos iniciais do ensino fundamental, não atingindo a meta de 5,5 estabelecida no ano anterior, já nos anos finais do ensino fundamental conseguiu atingir a meta de 4,7 (INEP, 2020). Não possui instituições de ensino superior, porém dista menos de 80 km dos polos educacionais mais próximos, em Juazeiro do Norte, Crato e Cajazeiras–PB.

O desenvolvimento deste trabalho seguiu as etapas metodológicas descritas na Figura 3, onde inicialmente, fez-se a delimitação da área de estudo e realizou-se um levantamento bibliográfico visando identificar a atual situação do saneamento básico no mundo, enfatizado o cenário brasileiro e sua legislação, bem como ampliar os conceitos sobre esgotamento sanitário.



Figura 3. Fluxograma da metodologia.

Para identificar os problemas da coleta e tratamento do esgotamento sanitário, foram selecionados, considerando a disponibilidade dos dados na plataforma do SNIS, quatro indicadores do mapa de esgoto desenvolvido pelo SNIS e aplicado no município: índice de tratamento de esgoto (IN016), índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN024), índice de esgoto tratado referido à água consumida (IN046) e índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN056).

Para calcular o índice de tratamento de esgoto (IN016) são considerados os volumes de esgotos coletado (ES005), tratado (ES006), bruto importado (ES013), importado tratado nas instalações do importador (ES014) e exportado tratado nas instalações do importador (ES015), conforme a Equação 1. Esse indicador é a expressão percentual do volume de esgoto tratado em relação ao volume coletado por meio de rede (SNIS, 2019).

$$IN016 = \left(\frac{ES006 + ES014 + ES015}{ES005 + ES013} \right) * 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

O índice de atendimento urbano de esgoto (IN024), informa o percentual da população urbana que foi efetivamente atendida através de rede coletora de esgoto. Para o cálculo deste indicador, faz-se a relação entre a população urbana atendida com esgotamento sanitário e a população residente do município com abastecimento de água. Já o índice de atendimento total de esgoto (IN056) considera a população total atendida por rede coletora de esgoto, urbana e rural (SNIS, 2019).

Segundo o SNIS, o índice de esgoto tratado referido à água consumida (IN046), expresso na Equação 2, apresenta o percentual de esgoto tratado (ES006) em relação ao volume de esgoto gerado, para o cálculo deste indicador considera-se o volume de esgoto gerado igual ao volume de água consumido (AG010), sendo AG019 o volume de água tratada exportado (SNIS,2019).

$$IN046 = \left(\frac{ES006 + ES015}{(AG010 - AG019)} \right) * 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

Após realizou-se um levantamento do sistema de esgotamento sanitário do município de Aurora através de dados da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, disponibilizados no relatório Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE sobre o perfil municipal de Aurora - 2017, com objetivo de verificar a quantidade de ligações existente, os bairros atendidos pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), o sistema de esgotamento mais utilizado e os locais de lançamento de efluentes.

Também foram realizadas visitas em algumas regiões da cidade para verificar, por meio da observação direta, a situação do sistema de esgoto da cidade. Com base nas informações adquiridas, procurou-se identificar os principais problemas que distanciam o município das metas nacionais de coleta e tratamento de esgoto e propôs-se alternativas para auxiliar o município a atingir as metas de coleta e tratamento de esgoto.

Resultados e Discussão

O sistema de esgotamento sanitário da cidade de Aurora – CE é do tipo coletivo separador absoluto, com 944 ligações reais, das quais 875 estão ativas, nas demais habitações da zona urbana, 40 utilizam fossa séptica e 5.279 adotam outro sistema, como a fossa negra (IPECE, 2018). A rede coletora está presente em apenas três bairros, no Araçá, no Centro e no Recreio.

A rede possui uma Estação Elevatória que se localiza no Centro da cidade, sua implantação justifica-se pelo relevo impossibilitar o escoamento dos esgotos por gravidade até a ETE (Figura 4), localizada no bairro Padre Mororó. A distância entre a EEE e a ETE é de 1,9 km, e após o tratamento o efluente é conduzido por gravidade até o Rio Salgado.

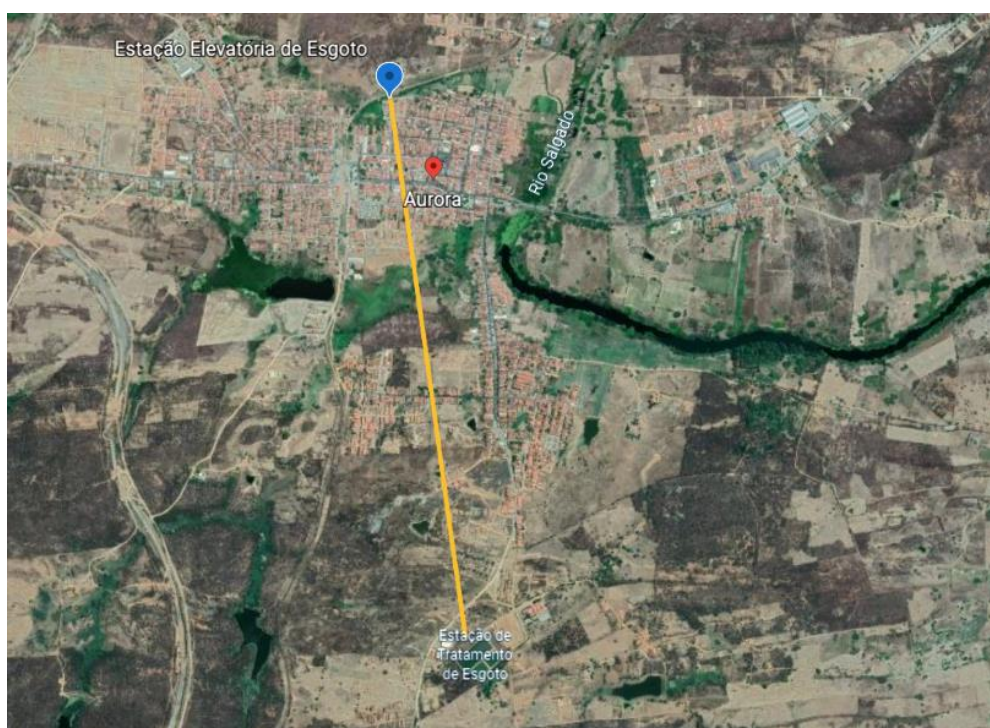


Figura 4. Localização da EEE e ETE de Aurora-CE. Fonte: adaptado de Google Earth (2020).

Na estação elevatória de esgoto (Figura 5) inicia-se um tratamento preliminar através da caixa de areia e gradeamento, sendo a remoção dos sólidos retidos feita semanalmente e os resíduos destinados ao lixão da cidade, em seguida, o esgoto passa pela calha Parshall para medição da vazão, posteriormente chega ao poço de sucção e é bombeado até a ETE (Figura 6). Ao chegar na ETE o esgoto passa por três lagoas de estabilização, sendo a primeira facultativa e as outras duas de maturação. Após o tratamento, o efluente é conduzido por gravidade até o Rio Salgado.



Figura 5. EEE de Aurora-CE.



Figura 6. ETE de Aurora-CE. Fonte: adaptado de Google Earth (2020).

Ao transitar pelas ruas da cidade é possível observar a precariedade do sistema de esgotamento sanitário, na maioria das ruas as águas cinza são lançadas diretamente nas vias,

conforme a Figura 7. Identifica-se que mesmo em ruas com rede coletora, há esgoto a céu aberto (Figura 8). Em um dos bairros que não dispõe de rede coletora, o esgoto é lançado no sistema de drenagem urbana (Figura 9) fato que, segundo moradores, ocasiona alagamentos no período chuvoso.



Figura 7. Esgoto a céu aberto.



Figura 8. Esgoto a céu aberto em via com rede coletora de esgoto.



Figura 9. Esgoto lançado no sistema de drenagem urbana.

Constata-se que parte do esgoto bruto dos bairros Araçá e Recreio é lançado no Açude de Recreio (Figura 10), e os demais esgotos que não possuem tratamento são lançados no Rio Salgado

(Figura 11), algumas edificações despejam o efluente diretamente no rio e outras lançam em córregos que posteriormente deságuam no corpo hídrico (Figura 12).



Figura 10. Esgoto bruto lançado no Açude do Recreio. Fonte: Adaptado Google Earth (2020).



Figura 11. Esgoto lançado diretamente no Rio Salgado.



Figura 12. Córrego com esgoto que deságua no Rio Salgado.

Segundo dados do SNIS (2019), o indicador IN016 mostra que o município trata 100% do esgoto que coleta (Figura 13), percentual acima da média do Estado (90,52%), do Nordeste (83,55%) e do Brasil (74,48%). Porém o indicador IN024, apresenta que apenas 13,74% da população da cidade de Aurora é efetivamente atendida com rede coletora de esgoto (Figura 14), enquanto a média estadual é de 33,03% e a nacional é 60,94%. Desta forma, o alto índice de tratamento de esgoto municipal pode ser justificado pelo baixo percentual de esgoto coletado.

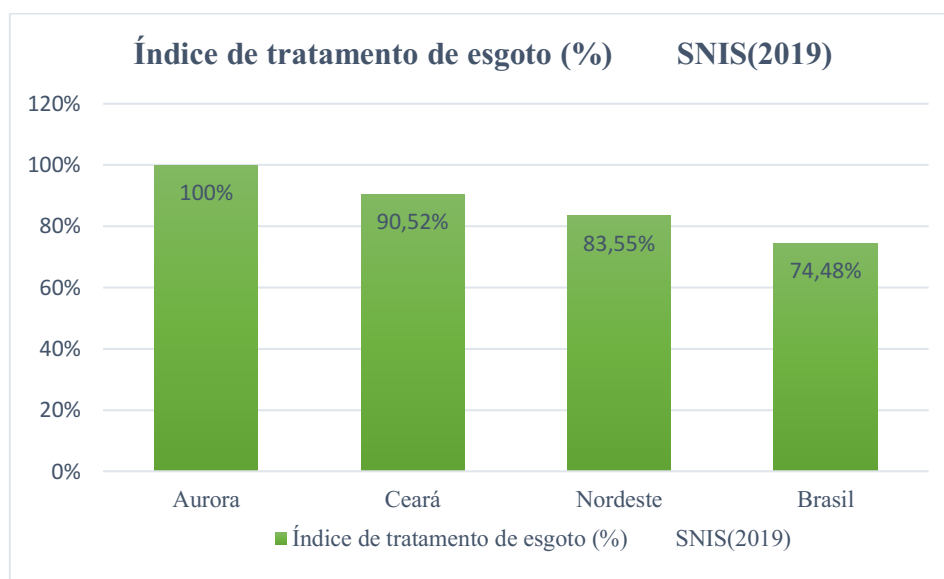


Figura 13. Índice de tratamento de esgoto. Fonte: SNIS (2019).

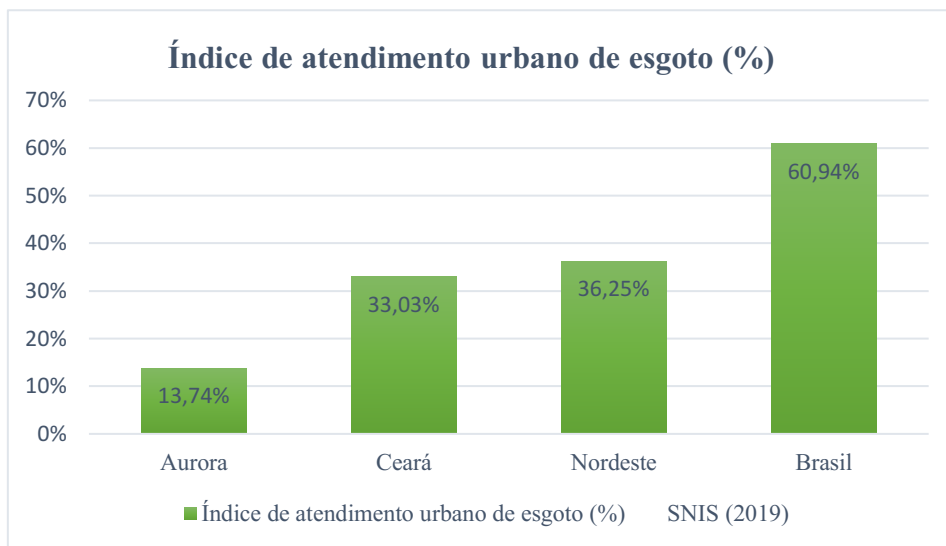


Figura 14. Índice de atendimento urbano de esgoto. Fonte: SNIS (2019).

O volume de esgoto submetido a tratamento em relação ao volume de esgoto gerado, representado pelo indicador IN046, corresponde a 13,99% (Figura 15), percentual abaixo das médias estadual (38,83%) e nacional (46,25%), que são expressivamente baixas. O município também tem índice bem abaixo da média de Fortaleza, capital e maior cidade do Estado, que trata 58,08% do esgoto gerado. Já Juazeiro do Norte, maior cidade do interior, tem índice de tratamento de esgoto de 22,03%, apesar de o percentual ser maior que o do município de Aurora, também está abaixo da média estadual, regional e nacional (SNIS, 2019).

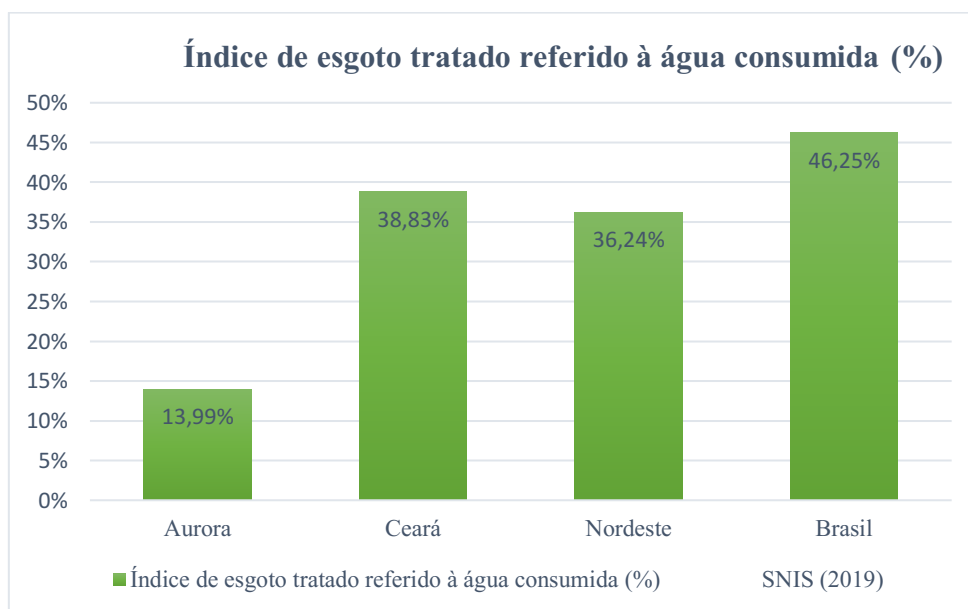


Figura 15. Índice de esgoto tratado referido à água consumida.

Fonte: SNIS (2019).

Segundo o IPECE (2018), o PIB (Produto Interno Bruto) de Aurora é R\$ 175.870,00. Quando comparado com municípios que tem PIB semelhante, como Guaiúba (R\$ 168.281,00) e Jucás (R\$

176.817,00), o percentual de esgoto tratado em Guaiúba, administrado também pela CAGECE, é 13,72%, semelhante a Aurora (13,99%). Já em Jucás o prestador do serviço é o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), no município o índice de esgoto tratado é de 30,61%, mais que o dobro do percentual dos municípios com PIB semelhante administrados pela CAGECE.

O indicador IN056 mostra que apenas 6,62% da população de Aurora, considerando a zona rural e urbana, é efetivamente atendida por rede coletora de esgoto (com ou sem tratamento) (Figura 16), percentual abaixo da média estadual (25,46%) e nacional (53,15%).

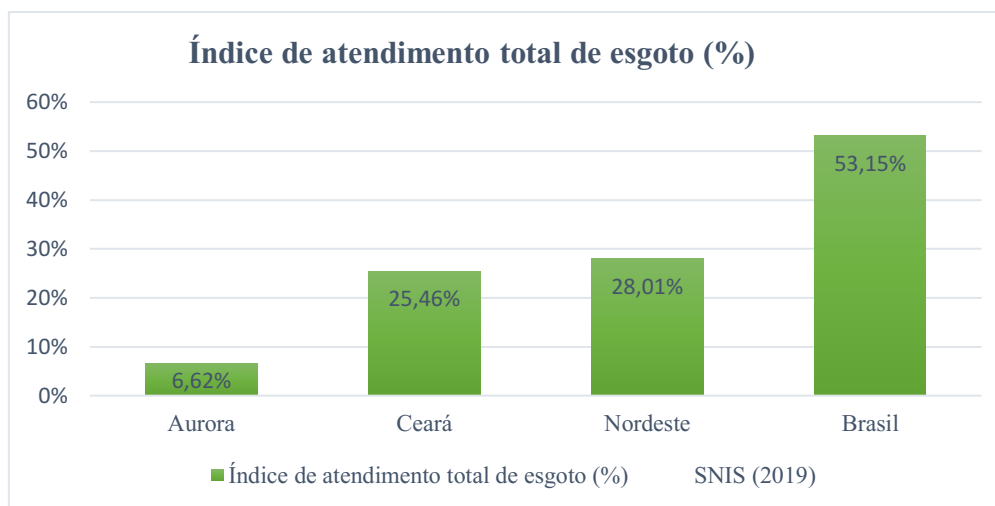


Figura 16. Índice de atendimento total de esgoto. Fonte: SNIS (2019).

Tendo em vista a existência de residências sem ligação à rede de esgoto em vias que dispõem do sistema de coleta de efluentes, percebe-se a necessidade da intensificação da fiscalização, por parte da concessionária, e estabelecimento de penalizações para os que não cumprirem com as diretrizes.

O município, até 2033, deve atender 90% da população com coleta e tratamento de esgoto, no entanto, atualmente, apenas pouco mais de 1.600 pessoas são atendidas com esses serviços. Diante disso, o município de Aurora necessita ampliar a cobertura dos serviços no mínimo em 83% para atingir a meta estabelecida, assim mais de 22.000 pessoas teriam acesso a esses serviços básicos de saneamento. Apesar do baixo crescimento demográfico, sendo mesmo, no último Censo, verificada uma tendência de decréscimo, também deve ser considerado o crescimento populacional na ampliação do sistema.

A eficiência do tratamento dos esgotos do município é fundamental para a preservação do Rio Salgado. Assim, é fundamental a ampliação da ETE e o controle da qualidade dos efluentes tratados.

Conclusão

O sistema de esgotamento sanitário do município de Aurora é deficitário. Há descarte incorreto de efluentes em corpos hídricos importantes para a cidade, como o açude do Recreio, e para o Ceará, como o Rio Salgado, que receberá nos próximos dias as águas da Transposição do Rio São Francisco.

Diante disso, é notória a necessidade de mais investimento no setor, por parte dos gestores públicos municipais e da prestadora dos serviços de coleta e tratamento de esgoto.

Recomenda-se a ampliação das redes coletoras existentes e implantação dos equipamentos nos bairros que ainda não dispõem da coleta de esgoto. Também é necessária a ligação das residências, cujas ruas possuem rede coletora. Para verificar a eficiência do tratamento existente sugere-se a análise da qualidade da água do Rio Salgado nos trechos a montante e a jusante do lançamento dos efluentes tratados na ETE.

Pontua-se também a importância da elaboração de campanhas educativas para conscientização da população, com o objetivo de apresentar os benefícios que o descarte adequado dos esgotos pode gerar e como o sistema de esgotamento ineficiente afeta a qualidade de vida da sociedade.

Referências

BRASIL. Casa Civil. Saneamento básico: Governo Federal sanciona novo marco legal que permitirá a universalização do serviço. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2020/julho/saneamento-basico-governo-federal-sanciona-novo-marco-legal-que-permitira-a-universalizacao-do-servico>. Acesso em: 11 out. 2020.

BRASIL. Decreto nº 10.203, de 22 de janeiro de 2020. Altera o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, 23 jan.2020.

BRASIL. Lei nº 11445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020). Diário Oficial da União, Brasília, 5 jan. 2007.

CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Saneamento básico: um compromisso de todos por mais qualidade de vida. 2ª edição. Fortaleza, 2018.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Municipal 2017 – Aurora. Fortaleza, 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Esgoto. 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>. Acesso em: 24 out. 2020.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Água. 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>. Acesso em: 24 out. 2020.

NOHARA, I. P.; POSTAL JÚNIOR, J. Perspectiva da gestão do saneamento básico no Brasil: prestação indireta e deficiências setoriais. Revista de Direito Econômico e Socioambiental, v.9, n.1, p.380 - 398, 2018.

ONU. Organização das Nações Unidas. Assembleia Geral da ONU reconhece direito ao saneamento, que ainda não chega a 2,5 bilhões de pessoas. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/assembleia-geral-da-onu-reconhece-direito-ao-saneamento-que-ainda-nao-chega-a-25-bilhoes-de-pessoas/>.

Acesso em: 11 out. 2020.

ONU. Organização das Nações Unidas. Conheça os novos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>. Acesso em: 11 out. 2020.

SANTOS, F. F. S. dos; DALTRO FILHO, J.; MACHADO, C. T.; VASCONCELOS, J. F.; FEITOSA, F. R. S. O desenvolvimento do saneamento básico no Brasil e as consequências para a saúde pública. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.4, n.1, p.241–251, 2018.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. Diagnóstico SNIS 2018. 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>. Acesso em: 12 out. 2020.


WIKIPÉDIA. Mapa do Estado do Ceará. 2006. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ceara_MesoMicroMunicip.svg?uselang=pt-br. Acesso em: 12 out. 2020.

CAPÍTULO XI

IMPACTO DO DÉFICIT HÍDRICO SOB O CRESCIMENTO DO MILHO IRRIGADO


Chaiane Guerra da Conceição

Dra. Prof., IFFar, Panambi-RS, chaianepg@yahoo.com.br

 <https://orcid.org/0000-0003-3380-004X>


Adroaldo Dias Robaina

Dr. Prof. Titular, UFSM, Santa Maria-Rs, diasrobaina@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-6553-7878>


Marcia Xavier Peiter

Dra. Prof., UFSM, Santa Maria-Rs, mpeiter@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8945-5412>


Laura Dias Ferreira

Doutoranda, UFSM, Santa Maria-Rs, lauradiasferreira14@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4551-9773>

Ana Rita Costenaro Parizi

Dra. Prof., IFFar, Alegrete-RS, anaparizi@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7586-2612>

Introdução

Envolvida por fatores naturais como clima, solo e planta, a agricultura é considerada uma das atividades de maior risco monetário. Assim, o uso de tecnologias, como a irrigação, pode refletir no aumento da produção e sua qualidade, além de reduzir os riscos eminentes, sob o ponto de vista climático. A mesma, tem como principal objetivo suprir a necessidade hídrica das culturas, nos momentos em que não há precipitação pluvial, ou esta é mal distribuída (TESTEZLAF, 2017).

Em contrapartida, observa-se um problema global de escassez de água, onde 70% do uso total destinam-se a agricultura (KARANDISH et al., 2015). Este valor pode ser considerado ainda maior onde as mudanças climáticas são mais severas, e reduzem a disponibilidade de água através da precipitação (DENG et al., 2015).

Sendo assim, na medida em que a água se torna escassa, irrigar as culturas com grandes demandas hídricas, como o milho, de forma plena, é um dos principais desafios da agricultura atual (KARANDISH & SHAHNAZARI 2016). Neste sentido, definir a melhor estratégia de irrigação, que

economize água, na mesma medida que reverta o maior lucro ao produtor, tornando seu uso eficiente e sustentável, é imprescindível (YIN et al., 2016; CHANDRA et al., 2019; RUDINICK et al., 2019).

O manejo da irrigação em déficit hídrico, e a resposta das culturas, tanto em crescimento, quanto em produtividade, a este estresse, vem sendo notadamente estudado (ABDALHI & JIA, 2018).

Diante o exposto, o presente estudo teve como objetivo analisar os parâmetros de crescimento da cultura do milho, submetida a diferentes regimes hídricos, visto a necessidade de estudos no manejo de irrigação em regiões caracterizadas pela irregularidade da distribuição pluviométrica nos períodos de cultivo.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no município de Alegrete – RS, Brasil (29°71'16" S; 55°52'61" W; 121 m), em clima subtropical úmido (Cfa), escala de Kopen (MALUF, 2001), compreendendo as safras 2017/18 e 2018/19. O solo do local é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico, unidade de mapeamento São Pedro (STRECK et al., 2008), de textura franco arenosa, em uma área de 0,11 hectares.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições, onde os tratamentos de irrigação correspondiam a 0, 50, 75, 100 e 125% de reposição da evapotranspiração da cultura (ETc), para a safra 2017/18, e 0; 50, 75 e 100%, suprimidas em 50% no período reprodutivo; e 100% da ETc, em todo o ciclo da cultura, para a safra 2018/19.

Utilizou-se o híbrido AG 8780, para ambos os experimentos. As datas de semeadura e colheita ocorreram em 6 de novembro de 2017 e 21 de março de 2018, para a safra 2017/18, e, 6 de novembro de 2018 e 2 de abril de 2019, para a safra 2018/19, correspondendo a 136 e 148 dias de ciclo, respectivamente. As irrigações foram realizadas através de um sistema de aspersão convencional fixo, e o manejo de irrigação foi efetuado com base nos dados de ETc, que leva em consideração a evapotranspiração de referência (ETo) e o coeficiente de cultura (Kc) (Eq. 1).

$$ETc = ETo.Kc \text{ (Eq. 1)}$$

A ETo foi estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), através dos dados climáticos coletados diariamente de uma Estação Meteorológica Automática, instalada próximo à área experimental. O turno de rega dos experimentos era fixo de 5 dias, e o tempo de funcionamento do sistema de irrigação calculado conforme a taxa de aplicação de água nos tratamentos, obtida através do teste do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CHRISTIANSEN, 1942).

Em períodos quinzenais, foram analisados os parâmetros de crescimento da cultura como altura de planta (cm) e índice de área foliar ($m^2 m^{-2}$), realizados em cinco plantas lineares por repetição, com auxílio de régua e trena graduada. O índice de área foliar foi através do comprimento

médio (CM), largura média (LM), número de folhas por planta (NFP) e número de plantas por metro (NPL) (Eq. 2).

$$IAF = CM.LM.0,75.NFP.NPL \text{ (Eq. 2)}$$

Para a interpretação dos resultados foi realizada análise de variância usando-se o Teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro para interpretação do nível de significância utilizando o pacote estatístico Sisvar 5.6.

Resultados e Discussão

Na Figura 1 observa-se que a precipitação foi maior para a segunda safra, com aumento de 46% no volume. Esse fato justifica o uso da irrigação suplementar na região de estudo, visto que os eventos de precipitação são mal distribuídos. Com isso, a produção das culturas é prejudicada, pois a demanda hídrica não é suprida, principalmente quando ocorre nos períodos considerados críticos.

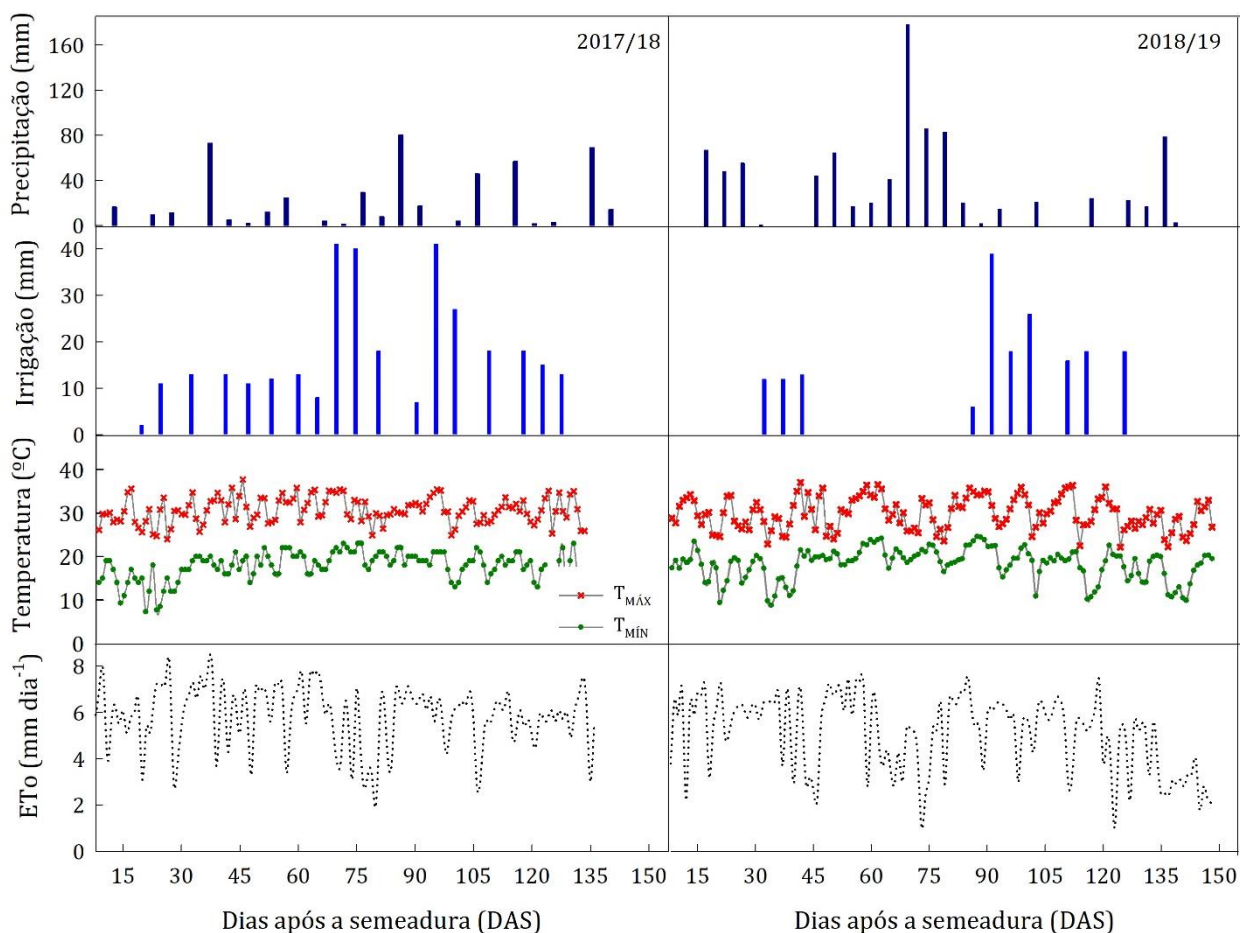


Figura 1. Precipitação, irrigação, temperatura (máxima e mínima), e evapotranspiração de referência, para as duas safras de estudo. Alegrete – RS – Brasil.

Para a cultura do milho, os períodos considerados mais sensíveis ao déficit hídrico correspondem ao pendoamento (VT) e o espigamento (R) escala de Ritchie et al. (1993), podendo reduzir a produção mesmo em anos climaticamente favoráveis (BERGAMASCHI et al., 2006).

Sendo assim, a diferença no volume precipitado e a demanda evapotranspirada refletiram em eventos de irrigação nas duas safras, que ocorreram no total de 18 e 10, respectivamente. Destas, duas irrigações foram realizadas no período mais crítico da cultura, para a primeira safra, e quatro para a segunda safra.

A temperatura apresenta média de 24,2 e 24,1°C demonstrando amplitude sem variação considerável. Para os meses de dezembro e janeiro, as médias de mantiveram em 25,3 e 25,0°C, inferindo em condições térmicas consideradas ideais e favoráveis para o milho, segundo Sangoi et al. (2010), que são entre 25 e 30°C, nestes meses. A ETo, também apresenta médias com baixa variação, sendo 5,8 e 5,2 mm dia⁻¹, alinhadas a amplitude térmica para os dois anos.

Na Tabela 1 observa-se que a ETc apresenta variação, sendo 11% maior na primeira safra. No entanto, os valores estão dentro do considerado necessário pela cultura do milho no Rio Grande do Sul, que segundo Matzenauer et al. (2002) compreende a faixa de 412 a 648mm, dependendo da região, o que caracteriza a cultura como de alta exigência hídrica.

Tabela 1. Evapotranspiração da cultura, precipitação, irrigação e total de água aplicada na cultura do milho para os tratamentos de irrigação, para as duas safras

| Safra | ETc (%) | ETc (mm) | Precipitação | Água aplicada (mm) | |
|---------|-------------|----------|--------------|--------------------|-------------|
| | | | | Irrigação | Total (TAA) |
| 2017/18 | 0 | 519,0 | 500,0 | 0,0 | 500,0 |
| | 50 | 519,0 | 500,0 | 161,0 | 661,0 |
| | 75 | 519,0 | 500,0 | 241,0 | 741,0 |
| | 100 | 519,0 | 500,0 | 321,0 | 821,0 |
| | 125 | 519,0 | 500,0 | 401,0 | 901,0 |
| 2018/19 | 0 | 466,9 | 922,2 | 0,0 | 922,2 |
| | 50V - 25R | 466,9 | 922,2 | 54,0 | 976,2 |
| | 75V - 37,5R | 466,9 | 922,2 | 81,0 | 1003,2 |
| | 100V - 50R | 466,9 | 922,2 | 107,0 | 1029,2 |
| | 100 | 466,9 | 922,2 | 178,0 | 1100,0 |

Em relação ao crescimento da cultura, a Figura 2 apresenta o comportamento do índice de área foliar, e a altura de planta para os diferentes tratamentos, nas duas safras.

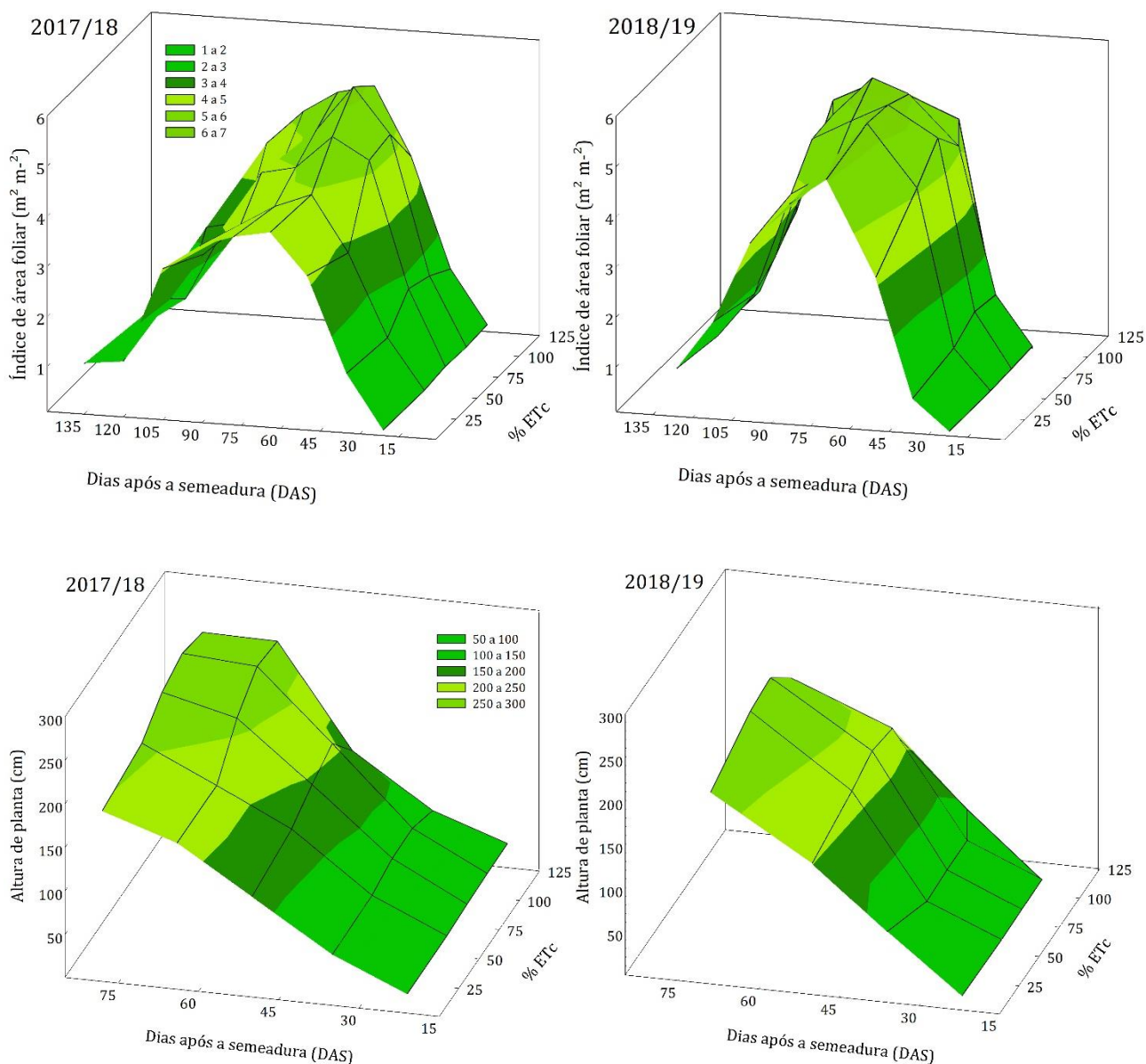


Figura 2. Superfície de resposta para o índice de área foliar e altura de planta da cultura do milho, em resposta às lâminas de irrigação e épocas de avaliação, nas safras 2017/18 e 2018/19.

*Para a safra 2018/19 consideram-se os tratamentos com restrição hídrica no período reprodutivo, ou seja, aqueles suprimidos em 50% da ETC.

Observa-se que para as duas safras as diferenças estatísticas significativas do IAF foram percebidas a partir dos 50 DAS. Os maiores valores foram obtidos para os tratamentos de 100% da ETC, durante todo ciclo, seguidos dos tratamentos de 75, 125 e 0%, para a primeira safra, e de 37,4_R, 50_R e 0%, para a segunda safra.

Entretanto, os tratamentos de 50 e 25_R diferem estatisticamente do tratamento 100%, apresentando o menor valor observado. Estas diferenças foram observadas até os 64 e 69 DAS, permanecendo sem significância até os 120 e 126 DAS, nas duas safras, respectivamente. A diferença das precipitações ocorridas durante a fase vegetativa da cultura, nas duas safras, justifica os resultados obtidos.

Nota-se que para a safra 2017/18 o pico de maior crescimento foliar é evidenciado por eventos de irrigação, devido à falta de precipitação, diferindo os valores entre os tratamentos. Já na safra 2018/19, onde o volume de chuva foi maior, os tratamentos irrigados foram favorecidos no pico máximo de crescimento foliar, e apresentaram IAF próximos entre eles. O exposto está de acordo com Bergamaschi e Matzenauer (2014), indicando que quando as plantas são submetidas à deficiência hídrica, diminuem a área foliar exposta à radiação solar.

A partir disto, novamente foram obtidas diferenças com significância, onde os tratamentos de 100 e 125%, para a primeira safra, e os tratamentos 50_R e 100%, para a segunda safra, se sobressaem aos demais. Ao final do ciclo da cultura, nas duas safras, não ocorre diferenças estatísticas significativas para os tratamentos. Os valores de IAF variam de 0,81 a 1,11 m² m⁻², para a safra 2017/18 e 0,89 a 1,09 m² m⁻², para a safra 2018/19.

Por este fato, considera-se que quando o fornecimento de água ocorrer em condições restritivas, o período reprodutivo da cultura deve ser priorizado, pois este é considerado o mais sensível a deficiência hídrica, e responsável pelas respostas negativas ou positivas da produção (BENJAMIN et al., 2015).

No parâmetro altura de planta, para a safra 2017/18, as diferenças estatísticas significativas são observadas a partir dos 50 DAS. Quando a cultura alcança o pico de crescimento, considerado no florescimento, os tratamentos de 75, 100 e 125% apresentam os maiores valores e não diferem entre si. No entanto, os menores valores foram observados nos tratamentos de 0 e 50%, que não diferem entre si, mas difere dos mais irrigados. As plantas variam de 196 a 238 cm altura, e a média é de 222 cm.

Na safra 2018/19 as diferenças são observadas a partir dos 36 DAS. No florescimento da cultura, aos 69 DAS, os maiores valores observados são nos tratamentos de 37,5_R e 25_R%, que diferem dos demais. Para esta safra a amplitude de crescimento compreende dos 219 aos 253 cm de altura e média de 232 cm, sendo maior que a safra anterior.

O aumento nos valores da segunda safra em relação à primeira dá-se no sentido que para a safra 2018/19 o volume de precipitação não ocasiona períodos de déficits consideráveis, neste caso as plantas de milho ficaram maiores. Assim, os resultados obtidos então de acordo com Melo et al. (2018), que ao estudar as respostas de genótipos de milho ao déficit hídrico no pendoamento, observaram menor valor de altura de planta para aqueles que foram submetidos ao déficit.

Para Rufino et al. (2012) diferentes períodos de déficit hídrico, durante a fase vegetativa, afeta as características da parte aérea das plantas, em resposta a redução da disponibilidade hídrica, e é melhor evidenciado nos parâmetros de altura de planta, área foliar e fitomassa.

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, nas condições do presente estudo, conclui-se que a altura de planta e o índice de área foliar responderam ao incremento das lâminas de irrigação até 100% de

reposição da ETc, que conseqüentemente podem ter acompanhado os valores de matéria seca total. Ficou evidente que para a segunda safra, o volume de precipitação não ocasionou períodos de déficits consideráveis, incorrendo nos maiores valores e com menores amplitudes.

Referências

- ABDALHI, M. A. M.; JIA, Z. Crop yield and water saving potential for AquaCrop model under full and deficit irrigation managements. *Italian Journal of Agronomy*, v.13, n.13, p.267, 2018.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. A.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and drainage paper 56*. Rome. 1998. 300p.
- BENJAMIN, J. G.; NIELSEN D. C.; VIGIL, M. F.; MIKHA, M. M.; CALDERON, F. Cumulative deficit irrigation effects on corn biomass and grain yield under two tillage systems. *Agricultural Water Management*, v.159, p.107-114, 2015.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MULLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C.A.M.; PEREIRA, P. G. Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.2, p.243-249, 2006.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. O milho e o clima. Porto Alegre: Emater/RS; Ascar, 2014. 84p.
- BISCARO, G. A. Sistemas de irrigação por aspersão. Dourados: Editora da UFGD, 2009. 134p.
- CHANDRA, M. S.; NARESH, R. K.; KUMAR, A.; KUMAR, V.; MAHAJAN, N. C.; GUPTA, S. K.; TYAGI, S.; KUMAR, Y.; KUMAR, B. N.; KUMAR, R. Simulating crop evapotranspiration response under different planting scenarios for irrigation water management under climate change: A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v.8, n.9, 2019.
- CHRISTIANSEN, J. E. Irrigation by sprinkling. Berkley: University of California, 1942. 124p.
- DENG, X.; SINGH, R. B.; LIU, J.; GÜNERALP, B. Physical and economic processes of water scarcity and water allocation for integrated river basin management. *Physics and Chemistry*, v.79, p.1-122, 2015.
- MALUF J. R. T.; CUNHA, G. R.; MATZENAUER, R.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M. B. M.; CAIAFFO, M. R.; PIRES, J. L. F. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de milho no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.9, n.3, p.460-467, 2001.
- MATZENAUER, R. BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; MALUF, J. R. T.; BARNI, N. A.; BUENO, A. C.; DIDONÉ, I. A.; ANJOS, C. S.; MACHADO, F. A.; SAMPAIO, M. R. Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Fepagro, 2002. 105p.
- MELO, A. V.; SANTOS, V. M.; VARANDA, M. A. F.; CARDOSO, D. P.; DIAS, M. A. R. Desempenho agrônômico de genótipos de milho submetidos ao déficit hídrico no sul do Estado do Tocantins. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.17, n.2, p.177-189, 2018.
- RUFINO, C. A.; TAVARES, L. C.; VIEIRA, J. F.; DOR, C. S.; VILLELA, F. A.; SOUZA, A. C.; BARROS, A. C. S. A. Desempenho de genótipos de milho submetidos ao déficit hídrico no estágio vegetativo. *Magistra*, v.24, n.3, p.2017-225, 2012.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G., RAMBO, L. Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos. Lages: Graphel, 2010. 32p.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. Solos do Rio Grande do Sul. 2.ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222p.

TESTEZLAF, R. Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2017.


YIN, N.; HUANG, Q.; YANG, Z.; WANG, Y. Impacts of off-farm employment on irrigation water efficiency in north China. *Water*, v.8, p.452, 2016.

CAPÍTULO XII

CITOGENÉTICA DE UMA ESPÉCIE DE ZEPHYRANTHES HERB. (ZEPHYRANTUS SP.) CULTIVADA


Joabe Meira Porto

Biólogo, UESB, Vitória da Conquista-BA, joabemporto@gmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/6457840721140533>

Eliane Mariza Dortas Maffei

Dr. Prof. UESB, Vitória da Conquista-BA, elianemaffei@yahoo.com.br

 <http://lattes.cnpq.br/5242102657041173>

Introdução

O lírio da espécie *Zephyranthes* é também conhecido como lírio-da-chuva ou lírio-do-zéfiro que apresenta como característica flores de diversas cores, delicadas e vistosas e afiladas e longas e de caráter bulboso, sendo um lírio endêmico da caatinga brasileira (SILVA et al., 2014). Há cerca de 65 espécies de distribuição principalmente neotropical do gênero *Zephyranthes* no mundo, destas, 36 são reconhecidas para o Brasil (FELIX et al., 2007), consistindo um gênero com elevado potencial para gerar produtos de interesse na indústria farmacêutica e o comércio de espécies ornamentais (LIZCANO, 2014), devido a suas características medicinais (ROJAS-VERA et al., 2021). Tais como: antimalárico (SENER et al., 2003), antitumoral (MCNULTY et al., 2009), anti-influenza (HE et al., 2012), analgésico, anti-inflamatório, antimicrobiano (REFAAT et al., 2013; 2012), citotóxico (NAIR et al., 2013; CARVALHO et al., 2015; CABEZAS et al., 2013) e acetilcolinesterase atividade inibitória (BERKOV et al., 2008; BASTIDA et al., 2006).

Sabe-se que tais características são condicionadas pelos genes encontrados nos cromossomos e segundo Guerra (1988), o foco central da citogenética é estudar a constituição genética das mais variadas células através dos cromossomos. Assim, a análise citogenética de uma espécie vegetal com importância comercial certamente poderá desenvolver contribuição efetiva para um maior conhecimento de suas características e até mesmo favorecer dados úteis a serem aplicadas para melhoramento genético.

Além disso, conhecer o ciclo celular deste vegetal é de suma importância visto que este consiste no intervalo entre duas divisões mitóticas sucessivas tendo como produto a elaboração de duas células filhas, apresentando duas divisões fundamentais, a intérfase e a mitose (KIERSZENBAUM, 2012), sendo a intérfase o estágio em que a célula duplica os cromossomos e aumenta o seu volume (MALUF et al., 2011).

Nessa perspectiva, este trabalho objetiva analisar a citogenética do lírio *Zephyranthes sp.* e observar seu ciclo celular, visando contribuir para um melhor conhecimento genético desta espécie, além de avaliar o potencial do lírio como bioindicador de poluição ambiental.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no Laboratório de Citogenética da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) campus de Vitória da Conquista, com a utilização de sementes de *Zephyranthes* (Nome popular: Lírio de chuva), obtidas por meio de coleta prévia e armazenadas até serem utilizadas, com o intuito de realizar a quebra de dormência das mesmas, germiná-las e posteriormente executar análise citogenética das raízes.



Figura 1. Espécies de *Zephyranthes SP.* obtidas em coletas realizadas no campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB). Foto: Maria Angélica Tasso - 2015.

Preparação e análise citogenética das raízes

As sementes de *Zephyranthes sp.* previamente obtidas foram submetidas a germinação para obtenção das raízes para assim posterior análise das mesmas, para isso as sementes foram colocadas em placas de petri contendo papel filtro como substrato e umedecidas com água destilada estéril para assim observar a germinação. Após o crescimento do *Zephyranthes sp.* mediu-se com auxílio de paquímetro o comprimento das raízes e da parte aérea, em seguida, coletaram-se as raízes com auxílio de bisturi e pinça às 10:00 horas da manhã, pois neste horário tem se maior chance de a célula

apresentar em divisão mitótica (GUERRA, 2002); as raízes pertencentes a cada indivíduo foram separadas, onde uma parte foram submetidas a pré tratamento, onde foram inseridas em eppendorfs e acrescidas com 8Hidroxiquinoleína, em variações no horário, sendo o mesmo em 1, 2 e 3 horas em temperatura ambiente, identificou-se cada eppendorff com numeração referente a cada indivíduo, logo após, as raízes foram retiradas da solução de 8Hidroxiquinoleína e adicionadas na Rifocolchicina (bloqueador da fibra do fuso mitótico) armazenadas em eppendorfs e refrigeradas; e outra parte das raízes foram apenas submetidas diretamente a Rifocolchicina (bloqueador da fibra do fuso mitótico) armazenadas em eppendorfs e refrigeradas para assim avaliar o ciclo celular (GUERRA, 2002).

As raízes foram submetidas à técnica de coloração para posterior análise em lâmina, esta técnica foi usada tanto para as raízes com o pré-tratamento quanto para as raízes sem o pré-tratamento, e teve início com o corte da raiz em um vidro de relógio com auxílio de bisturi deixando apenas o meristema, em seguida os mesmos foram hidratados durante 5 minutos com água, corados comorceína acética 2% durante 10 ou 20 minutos e posteriormente a raiz já cortada foi transferida para uma lâmina e adicionou uma gota de ácido acético e então esmagou com bastão de vidro e inseriu a lamínula. Na sequência lâminas com lamínulas foram montadas, e foram congeladas durante 24 horas (GUERRA, 2002).

Posteriormente realizou o procedimento de fixação permanente das lâminas supracitadas, onde se iniciou com o descongelamento e secagem das lâminas e lamínulas contendo o material biológico, e sob a capela utilizou uma lâmina limpa e inseriu uma gota de bálsamo do Canadá, então pegou-se, a lamínula contendo o material biológico e mergulhou-a no xilol e então com uma leve pressionada a fixou na lâmina que continha o bálsamo do Canadá, em seguida a lâmina com o material biológico sob a capela inseriu uma gota de bálsamo do Canadá na mesma, e utilizou uma lamínula limpa e a mergulhou no xilol e levemente pressionada fixou na lâmina, resultando assim em uma duplicação de uma lâmina, a qual de uma -"lâmina mãe"- originou outra, onde identificou-se estas lâminas em L1 e L', este procedimento foi feito para todas as lâminas deste estudo, e através do microscópico óptico foram observadas as fases do ciclo mitótico e os cromossomos (GUERRA, 2002).

Resultados e Discussão

Pelos resultados obtidos, observa-se que na espécie estudada, os indivíduos analisados apresentam núcleos interfásicos reticulados e cariótipo formado por um conjunto de cromossomos de tamanhos distintos (Figura 1), o que sugere que o cariótipo de *Zephyranthes sp.* é assimétrico, uma vez que, segundo Guerra (1988), o cariótipo assimétrico consiste em cariótipos que apresentam grande variação no tamanho cromossômico ou na posição do centrômero. Verifica-se também cromossomos com estruturas irregulares, o que sugere que o pré-tratamento necessita de ajustes (Figura 2).

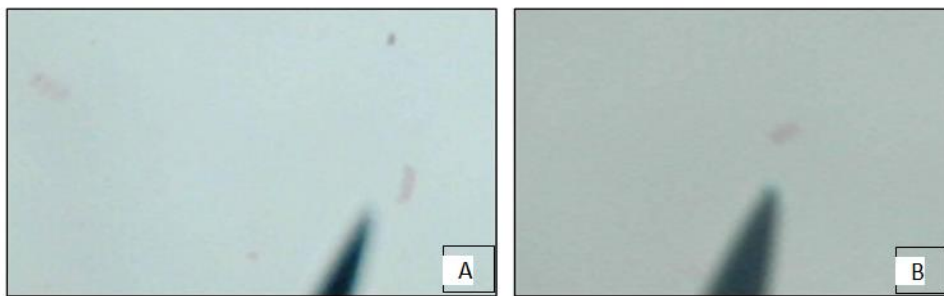


Figura 2. Cromossomos da espécie *Zephyranthes sp.* da espécie *Zephyranthes sp.* A (cromossomo pequeno), B (cromossomo grande).

Para Fajardo (2008), a existência de divergência nos tipos de núcleos é atribuída à redução do volume nuclear ou a variação do conteúdo de DNA, com conseqüente variação na densidade do retículo cromatínico. Sendo o núcleo do tipo reticulado aquele em que, de acordo com Guerra (1987), o retículo cromatínico apresenta-se intensamente corado, cromocentros (heterocromatina) pequenos, de difícil visualização e com cromatina polarizada.

Foi possível identificar regiões organizadoras de nucléolos (NOR). Nas Figuras 3 e 4 observam-se quatro regiões organizadoras, indicando que há pelo menos dois pares de cromossomos ativos da NOR. Estas regiões são sítios cromossomais de seqüências de DNA repetidos em tandem que produzem subunidades de RNA ribossomais normalmente localizadas como constrictões secundárias de cromossomos frequentemente vista, durante a prófase ou metáfase, associada ao nucléolo (MALUF et al., 2011; RUFAS et al., 1982 *apud* FELIX, 2009).

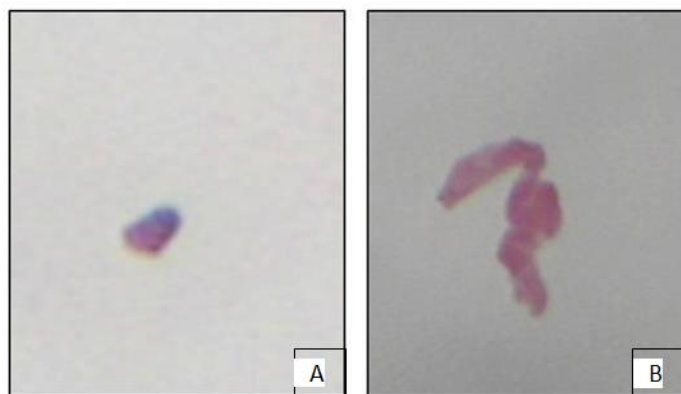


Figura 3. Cromossomos da espécie *Zephyranthes sp.* A (cromossomo pequeno), B (cromossomo grande), ambos apresentam estrutura irregular.

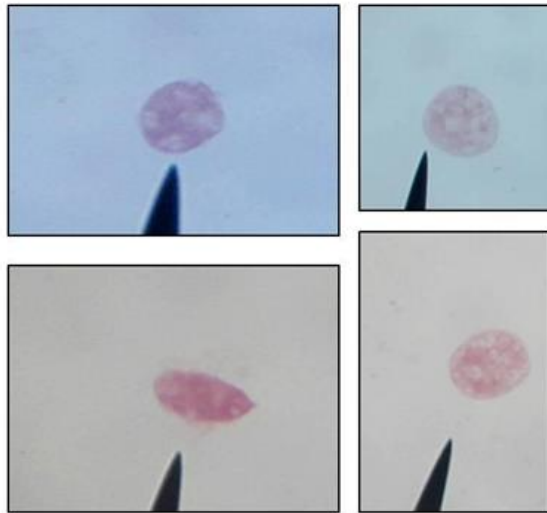


Figura 4. Núcleos interfásicos da espécie *Zephyranthes sp.*

O estudo citogenético de Félix (2009) com duas espécies do gênero *Zephyranthes*, *Z. candida* e *Z. rósea*, revelou que todos os indivíduos analisados apresentaram núcleos interfásicos reticulados e cariótipo formado por um conjunto de cromossomos metacêntricos a submetacêntricos e por um número menor de cromossomos acrocêntricos. Sendo que a espécie *Z. candida* apresentou cariótipo ligeiramente mais assimétrico, o que segundo o autor sugere um cariótipo claramente mais derivado do que *Z. rosea*, devido a maior assimetria cariotípica entre outros fatores.

Ainda de acordo com estudo de Felix (2009), foi verificado que na *Z. rosea*, o número de cromossomos encontrados foi $2n=24$ sendo quatro metacêntricos, sete submetacêntricos e um par acrocêntrico e na espécie *Z. candida* observou-se células somáticas com $2n=25$ e cariótipo formado por quatro par metacêntricos que apresentaram uma trissomia formada por uma trinca no par quatro, cinco submetacêntricos os dois pares maiores e três menores, já três pares acrocêntricos foram caracterizados pela ocorrência de um marcante heteromorfismo no par cromossômico portando a RON, com $5,7\mu\text{m}$ no cromossomo menor e $7,6\mu\text{m}$ no cromossomo maior.

Foram encontrados em um grupo de 100 células na interfase, cinco micronúcleos, além cromossomos não espalhados (Figura 5) e pedaços de DNA dispersos, o que confere indícios de mutagênese (Figura 6). Foi possível identificar também a metáfase mitótica apresentando cromossomos de tamanho grande (Figura 7).

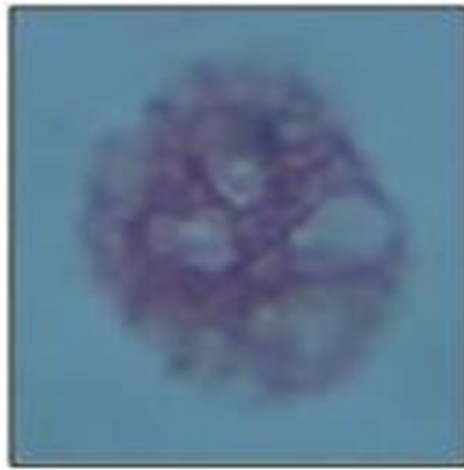


Figura 5. Núcleo interfásico mostrando a Região Organizadora de Nucléolos (NOR).Aumento 100x.

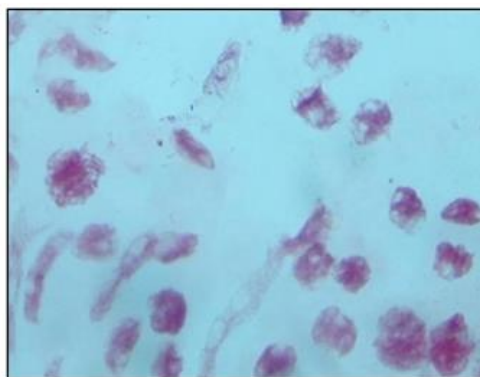


Figura 6. Setas apontando Micronúcleos (MN) em núcleos interfásicos aumento 40X.

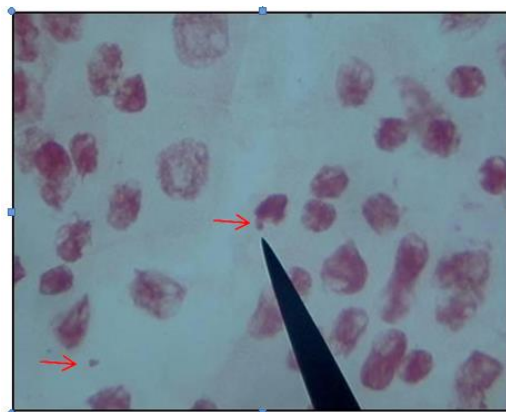


Figura 7. Micronúcleo (apontado pela seta maior) e pedaço de DNA solto (seta menor).

Os micronúcleos são estruturas constituídas por material cromatínico contido por um envoltório nuclear e menor que o núcleo principal (DIAS, 2006), com formação resultante de uma lise na molécula de DNA dias ou semanas após a ação de carcinógenos quando as células da camada basal estão em divisão. São constituídos de fragmentos de cromátide ou, cromossomos acêntricos ou aberrantes, que não foram incluídos no núcleo principal após a conclusão da mitose (SETÚBAL et al., 2005 *apud* BARBON et al., 2013), capazes de identificar células com defeito cromossômico,

conferindo assim a propriedade de ser utilizado como marcador biológico da exposição à substâncias com potencial cancerígeno (BARBON et al., 2013).

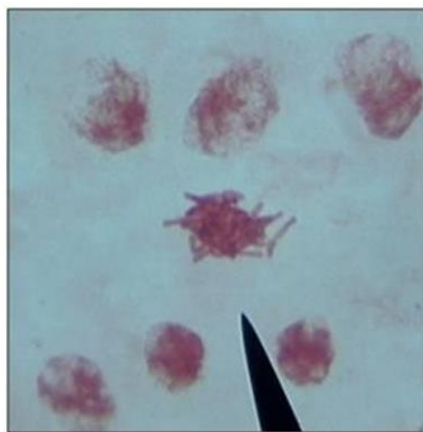


Figura 8. Metáfase mitótica de indivíduo da espécie *Zephyranthes sp.*

Conclusão

Os indivíduos analisados apresentaram núcleos interfásicos reticulados e cariótipo formado por um conjunto de cromossomos de tamanhos distintos o que sugere que o cariótipo de *Zephyranthes sp.* é assimétrico, o número de cromossomos corresponde a $2n=24$.

Verificou-se a presença de micronúcleos consistindo em marcador biológico da exposição à substâncias com potencial cancerígeno.

Referências

- APPEZZATO, B. Anatomia Vegetal. 2^o ed. Viçosa-MG, 2006.
- BARBON, F.; BURILLE, A.; CASARIM, D.; WIETHOLTER, P.; FLORES, R. A.; SABADIN, C. E. S.; RIGO, L. Micronúcleos e sua relação com o diagnóstico de patologias. In: Amostra de Iniciação Científica e Extensão Comunitária, 4, 2013. Anais... IMED, 2013.
- BASTIDA, J.; LAVILLA, R.; VILADOMAT, F. Chemical and biological aspects of Narcissus alkaloids. In: CORDELL, G. A. (Ed.). The Alkaloids. Elsevier Scientific Publishing, Amsterdam, The Netherlands, p.87–179. 2006.
- BERKOV, S.; CODINA, C.; VILADOMAT, F.; BASTIDA, J. N-alkylated galanthamine derivatives: potent acetylcholinesterase inhibitors from *Leucojum aestivum*. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, v.18, p.2263–2266, 2008.
- CABEZAS, F.; PIGNI, N.; BASTIDA, J.; CODINA, C.; VILADOMAT, F. Analisis del contenido alcaloidico de *Caliphuria subdentata baker* (Amaryllidaceae) por el metodo GC-MS. Revista Latinoamericana de Química, v.41, p.68–73, 2013.
- CARVALHO, K. R.; SILVA, A. B.; TORRES, M. C. M.; PINTO, F. C. L.; GUIMARÃES, L. A.; ROCHA, D. D.; SILVEIRA, E. R.; COSTA-LOTUFO, L. V.; BRAZ-FILHO, R.; PESSOA, O. D. L. Cytotoxic alkaloids from *Hippeastrum solandriflorum* Lindl. Journal of the Brazilian Chemical Society, v.26, p.1976–1980, 2015.

- DAMIÃO FILHO, C. Morfologia externa de espermatófitos. Jaboticabal: FUNEP, 2001.
- DIAS, V. M. Micronúcleos em células tumorais: biologia e implicações para a tumorigênese. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- FAJARDO, C. G. Estrutura de núcleos interfásicos e distribuição da heterocromatina em *Pennisetum* sp. 2014.
- FELIX, W. P. et al. Citogenética de duas espécies de *Zephyranthes* Herb. (Amaryllidaceae-Hipeastreae) cultivadas. *Revista Brasileira de Biociências*, v.5, n.1, p.294-296, 2007.
- GUERRA, M. Como observar cromossomos: Um guia de técnicas em citogenética vegetal, animal e humana. Ribeirão Preto, FUNPEC Editora. 2002.
- GUERRA, M. dos S. Characterization of different types of condensed chromatin in *Costus* (Zingiberaceae). *Plant Systematics and Evolution*, v.158, n.2-4, p.107-115, 1988.
- GUERRA, M. S. Introdução à citogenética geral. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 1988.
- HE, J.; QI, W.; TIAN, J.; JIAO, P.; LIU, G.; ZHANG, C. H.; LIAO, M. Amaryllidaceae alkaloids exhibit anti-influenza activity in MDCK cells, an investigation of Amaryllidaceae alkaloids and MDCK cells insight. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, v.11, p.2485-2492, 2012.
- JUDD, W. Sistemática Vegetal: Um Enfoque filogenético. 3ª Ed. São Paulo-SP, 2009.
- KIERSZENBAUM, A. L.; TRES, L. Histologia e Biologia Celular. Elsevier Brasil, 2012.
- LABOURIAU, L. G. A germinação de sementes. Washington: OEA: 1983.
- LIZCANO, M. L. O. et al. Genetic diversity of the species *Zephyranthes Carinata* and *Zephyranthes Rosea*, Amaryllidaceae in valle del cauca. In: Congresso Colombiano de Fitoquímica, 12, 2014. Anais...Colômbia, 2014.
- MALUF, S. W.; RIEGEL, M. Citogenética Humana. Artmed Editora, 2009.
- MCNULTY, J.; NAIR, J. J.; BASTIDA, J.; PANDEY, S.; GRIFFIN, C. Structure-activity studies on the lycorine pharmacophore: a potent inducer of apoptosis in human leukemia cells. *Phytochemistry*, v.70, p.913-919, 2009.
- MORI, E. Sementes florestais: Guia para germinação de 100 espécies nativas. 1ª Ed. São Paulo, 2012.
- NAIR, J. J.; BASTIDA, J.; VILADOMAT, F.; van STADEN, J. Cytotoxic agents of the crinane series of amaryllidaceae alkaloids. *Natural Products Communication*, v.8, p.553-564, 2013.
- NOLASCO, C. Caracterização citogenética e morfológica de híbridos de mandioca (*Manihotesculenta*). Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista, 2011.
- REFAAT, J.; KAMEL, M. S.; RAMADAN, M. A.; AHMED, A. A. Crinum; an endless source of bioactive principles: a review. Part 1- Crinum alkaloids: lycorine-type alkaloids. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Research*, v.3, p.1883-1890, 2012.
- REFAAT, J.; KAMEL, M. S.; RAMADAN, M. A.; AHMED, A. A. Crinum; an endless source of bioactive principles: a review. Part V. Biological profile. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Research*, v.4, p.1239-1252, 2013.

ROJAS-VERA, J. del C. et al. Alkaloid profile and cholinesterase inhibition activity of five species of Amaryllidaceae family collected from Mérida state-Venezuela. *South African Journal of Botany*, v.136, p.126-136, 2021.


SENER, B.; ORHAN, I.; SATAYAVIVAD, J. Antimalarial activity screening of some alkaloids and the plant extracts from Amaryllidaceae. *Phytotherapy Research*, v.17, p.1220–1223, 2003.

CAPÍTULO XIII

DIFERENTES MÉTODOS DE CONTROLE DA BUVA PARA SEMEADURA DA CULTURA DA SOJA


Cristina Fernanda Schneider

Engenheira Agrônoma, Doutora, Professora da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Toledo, PR,
cristina.schneider@pucpr.br

 <http://lattes.cnpq.br/7607558987155474>


Eduardo Gozzer Ribeiro

Estudante da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Toledo, PR,
eduardoribz@hotmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/4650598413280760>

Leonardo Fernando Ribeiro

Estudante da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Toledo, PR, leonardofernandoribeiro@hotmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/3505659337822413>

Introdução

A soja (*Glycine max*) é a cultura de maior valor comercial, e consta com a maior área cultivada no Brasil, sendo que em 2018 apresentou mais de 50% de grão total exportado no mundo. Segundo a Organização Mundial do Comércio (OMC) estima-se que a produção de soja da safra de 2018/2019 seja de 114,843 milhões de toneladas tendo um acréscimo de 4,9% em relação à safra anterior (CONAB, 2019).

Na região do centro oeste do Paraná, a principal região produtora dessa leguminosa registrou um aumento da área semeada em 2,7% na safra 2018/2019 e com uma média de produtividade de soja em 2,989 kg/ha (CONAB, 2019), mesmo com um acréscimo da área, ainda assim não expressou todo seu potencial da cultura pelo fato de estar sendo limitada pelas plantas daninhas, em especiais as buvas de gênero (*Conyza spp*).

Diante de uma crescente alta da população do mundo nos próximos anos, é necessário que se tenha uma maior disponibilidade de alimento para o mesmo, sendo um fator que implica diretamente na produtividade de alimentos, e são as plantas daninhas que por sua vez realizam uma competição na cultura de interesse comercial (EMBRAPA, 2000).

A competição entre as plantas daninhas e a cultura implantada não só afetam a produção como podem gerar um elevado custo em seu controle, assim o método de identificação e conhecimento

sobre as mesmas facilita, tendo um manejo mais adequado diminuindo a flora e banco das sementes invasoras (CHRISTOFFOLETI, 1998).

A resistência das plantas daninhas ao glifosato vê sendo discutido bastante ultimamente em meio a agricultura, pelo fato de as ervas daninhas apresentarem certa resistência a ele ocorrendo em toda região do Brasil sendo que, as mais agravantes são do gênero (*Conyza spp.*)

A buva (*Conyza spp.*) é uma espécie que teve origem na América do sul pertencente à família Asteraceae, que pode produzir mais de 200 mil sementes por planta, isso é de cunho agravante pelo fato de ser dispersa pelo vento (LAZAROTO et al., 2008), afetando mais de 70 países, e mais de 40 culturas (HOLM et al., 1997). A germinação é favorecida pela luz e tem uma melhor latência em temperantes entre os 20°C, porém com uma profundidade entre 1 centímetro ou superior ocorre uma redução em sua germinação (VIDAL et al., 2007).

Em áreas com infestação sobre a soja, estudos realizados mostraram que a competição essencialmente é por luz, água e nutrientes, onde pode afetar consideravelmente a produção tendo uma perda de rendimento em até 70% da cultura (VARGAS & GAZZIERO, 2010)

O glifosato é um dos principais herbicidas utilizados para controlar ervas em pós emergência sendo não seletivo, utilizado há mais de 20 anos para manejo de plantas daninhas anuais ou perenes, isso teve diversas implicâncias, onde que seu uso isolado já não garante mais uma boa dessecação (GRIGOLLI, 2018), então a procura por novos meios de controle vem surgindo desde novos herbicidas, e métodos.

O controle mecânico das plantas daninhas mais antigos que são usados até hoje é o arranquio manual. O controle mecânico consiste no uso de equipamentos que eliminam as plantas daninhas através do efeito físico, como os cultivadores. O uso de cultivadores para controle de plantas daninhas pode trazer uma economia maior para o agricultor (OLIVEIRA et al., 2011).

Mesmo com a introdução no mercado dos herbicidas, o uso desses e dos demais equipamentos é comum, principalmente em pequenas propriedades, em que o emprego de outros métodos de controle é limitado devido à falta de equipamentos e à topografia do terreno. Em grandes propriedades o uso do controle mecânico de plantas daninhas é reduzido, em razão da necessidade de fazer o serviço com maior agilidade (VARGAS, 2006).

Algumas das principais vantagens dos métodos mecânicos são a economia, eficiência em solos secos e quebra crostas que eventualmente se formam na superfície do solo, aumentando a aeração e a infiltração da água. Porém o recomendado e que não se realize o revolvimento do solo, pois pode implicar em menor teor de matéria orgânica, e que não se tenha o controle de plantas daninhas entre linhas (FOSTER, 1991; FLECK, 1992; SILVA et al., 1999).

O controle químico é considerado como uma das operações mais importantes no sistema de semeadura direta e, ainda hoje, representa um dos itens que oneram os custos de produção (MC FADYEN, 1998).

Basicamente, existem duas grandes etapas no uso de herbicidas. A primeira envolve o manejo das plantas daninhas que antecedem a semeadura da cultura. É popularmente conhecida como dessecção, em alusão ao uso de produtos da classe bipiridílios, cuja ação resulta na morte dos tecidos das plantas, que ficam com aspecto de dessecadas. Convém observar, porém, que nem todos os herbicidas utilizados no manejo possuem ação dessecante. A outra etapa diz respeito aos produtos de pré e pós emergência utilizados na cultura instalada (EMBRAPA, 2001).

O objetivo desse trabalho é identificar um melhor controle sobre as plantas daninhas na lavoura em pré plantio da soja, fazendo com que não ocorra competição.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na propriedade de Angelo Grava localizada na Gleba - lotes 79, no município de Assis Chateaubriand, PR, nas coordenadas geográficas de latitude 24°19'47.0" sul, e longitude 53°33'42.9" oeste, com altitude média de 413 m. O clima da região é classificado por Köppen como Cfa, subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, geadas pouco frequentes e uma tendência concentrada de chuvas nos meses de verão sem estação seca clara (CAVIGLIONE, 2000).

O período de realização do ensaio foi de 31 de agosto do ano de 2020 a 10 de março do ano de 2021.

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados sendo cinco tratamentos, com quatro repetições, a unidade experimental consistiu em parcelas com tamanho 10 metros de largura por 10 metros de comprimentos (100 m²). Os tratamentos utilizados, bem como descrição dos ingredientes ativos e doses, estão descritos na Tabela 1.

Para a avaliação das plantas daninhas, em cada parcela foi utilizada uma área aleatória e realizadas 10 amostragens em uma área de 0,25m² (0,50 x 0,50 m) posteriormente convertido em plantas por m². Em um intervalo de tempo de 7, 14, 21 e 28 dias, após a realização dos devidos tratamentos.

Também foi feito uma estimativa de perda de produtividade por interferência das plantas daninhas, mostrando o impacto do valor que vai ser perdido.

A parcela experimental com tamanho de 10 metros de largura por 10 metros de comprimentos totalizando 100m². Onde a cada 7 dias foi contabilizada a eficiência de controle.

A área experimental foi semeada em 21/10/2020 com a cultivar de soja Brasmax 63i64 pro, com uma adubação de 250 kg/ha, estimada em 260 mil plantas por hectare, submetido a semeadura direta e convencional.

Sendo um total de 2 tratamentos, combinados entre sistemas diferente preparo de solo, escarificação e gradagem a fim de controlar as plantas daninhas sem ter a necessidade do uso de herbicidas, onde que se teve o processo de preparo do solo com seu revolvimento, voltado a o modo mecânico, sendo o primeiro tratamento escarificado a 15 cm de profundidade, o segundo tratamento utilizando a grade pesada, realizado ambos no dia 31/08/2020.

As condições em controle químico das plantas daninhas, com a combinações de herbicidas, sendo eles triclo, glifosato, reglone, com a adição do óleo mineral, aplicado no dia 31/08/2020, para o sistema de semeadura direta, onde o terceiro tratamento consistiu na aplicação de Zapp, 2,4D com sequencial de reglone, quarto tratamento, triclo com glifosato, e por fim o quinto tratamento com triclo, glifosato, óleo mineral e sequencial com final após 7 dias de aplicação.

Para a aplicação dos herbicidas, foi utilizada uma bomba costal, com vazão de 200l/ha, equipado com bico plano tipo leque.

Para as avaliações de eficiência de controle foi utilizada a tabela disponibilizada pelo método da Sociedade Brasileira de Ciências de Plantas Daninhas (SBCPD, 1995), onde as notas dadas ao controle são por meio de uma escala de 0 a 100%, interpretado por meio das análises.

Pelo método de mapeamento de contorno de infestação foram identificadas as reboleias de plantas daninhas, registrando a infestação e o número de espécies (STAFFORD et al., 1996). As plantas daninhas foram identificadas pelo manual de plantas daninhas fornecido por Lorenzi (2014).

Posteriormente com os valores de cada amostra referente as plantas invasoras, foi realizada análise exploratória para verificar o índice de controle sobre tais.

A produtividade estimada foi realizada colhendo-se manualmente 5 m de comprimento por 1,8 m de largura, sendo expressa em Mg ha⁻¹ após a correção da umidade para 13% em base úmida.

Os dados foram submetidos à análise estatística calculando a análise de variância, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e análise de regressão utilizando-se o programa estatístico Sisvar®.

Resultados e Discussão

As plantas identificadas foram a Buva (*Conyza spp.*) com predomínio na área e a falsa serralha (*Emilia sonchifolia*).

Os resultados obtidos da análise de variância (Tabela 1) permitem observar que, não houve diferença significativa entre os blocos, mas sim entre os tratamentos e dias após aplicação (DAA), onde que o número de vagens por planta (NVP), apresenta diferença significativa entre os tratamentos, mas não o número de grãos por planta (NGP).

Tabela 1. Relação dos tratamentos utilizados, ingredientes ativos, doses e se apresentava aplicação sequencial

| | Tratamentos | Dose (L/ha) | Sequencial | Dose (L/ha) |
|---|------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|
| 1 | Grade pesada | - | - | - |
| 2 | Subsolador | - | - | - |
| 3 | Glifosato (620 g/L) | 2,0 | Diquat (200 g/L) | 1,0 |
| | 2,4-D (806 g/L) | 1,0 | | |
| 4 | Triclon (680 g/L) | 1,5 | - | - |
| | Glifosato (620 g/L) | 2,0 | | |
| 5 | Triclon (680 g/L) | 1,5 | Glufosinato de Amônia (200 g/L) | 2,5 |
| | Glifosato (620 g/L) | 2,0 | | |
| | Óleo mineral (756 g/L) | 0,5 | | |

Consequentemente obtendo uma diferença entre a produção nos tratamentos, não apresenta diferença significativa a 5% conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para avaliação de número de vagens por planta (NVP) número de grãos por planta (NGP), produção (PROD) e controle das plantas daninhas (CPD) na cultura da soja em função da aplicação de diferentes tratamentos para controle das plantas daninhas

| FV | GL | NVP | NGP | PROD |
|-------------|-----------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Tratamento | 4 | 268,805* | 0,0023 ^{ns} | 742,858* |
| Bloco | 3 | 3,712 ^{ns} | 0,0044 ^{ns} | 15,203 ^{ns} |
| Resíduo | 12 | 13,963 | 0,0012 ^{ns} | 21,106 |
| Média Geral | | 66,49 | 2,52 | 70,43 |
| CV (%) | | 5,62 | 1,39 | 6,52 |

| FV | GL | CPD |
|------------------|-----------|---------------------|
| Tratamento | 4 | 4733,64* |
| DAA | 3 | 83,90* |
| Tratamento x DAA | 12 | 1884,41* |
| Bloco | 3 | 12,04 ^{ns} |
| Resíduo | 57 | 10,64 |
| Média Geral | | 56,72 |
| CV (%) | | 5,75 |

*Significativo a 1% de probabilidade; **Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns}Não significativo.

Com os resultados obtidos da avaliação, é possível observar de forma geral que, os tratamentos apresentam sequencial ou controle mecânico, para o desdobramento da interação entre tratamentos e dias após o controle da buva, mostra que o controle de plantas daninhas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (Tabela 3), os tratamentos 1 e 2 apresentam os melhores níveis de controle até 21 DAA, e estatisticamente não diferenciam entre si. O tratamento 4 é o pior resultado para os 28 DAA, já os tratamentos 3 e 5 apresentam os melhores níveis de controles conforme foram passando os DAA, já que apresentavam um controle sequencial.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre tratamentos e dias após o controle da buva, para o controle da buva em pré-semeadura da soja

| Tratamentos | Dias Após Controle | | | | Média |
|-------------|--------------------|--------|--------|--------|-------|
| | 7 | 14 | 21 | 28 | |
| 1 | 100 a | 86,1 a | 70,1 a | 47,9 c | 76,0 |
| 2 | 100 a | 82,1 a | 69,7 a | 44,9 c | 74,2 |
| 3 | 22,1 c | 31,6 c | 42,0 c | 61,0 b | 39,2 |
| 4 | 30,2 b | 53,9 b | 55,4 b | 43,2 c | 45,7 |
| 5 | 27,3 bc | 34,7 c | 57,1 b | 74,3 a | 48,3 |
| Média | 55,9 | 57,7 | 58,9 | 54,3 | |

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. Tratamentos: 1 (Gradagem), 2 (subsolador), 3 (Glifosato + 2,4-D + sequencial de Diquat), 4 (Triclon + Glifosato) e 5 (Triclon + Glifosato + sequencial de Glufosinato de amônia).

Nos tratamentos 1 e 2 onde foi realizado controle mecânico, como feito na semeadura convencional, após os 21 DAA ocorre um aumento de infestação de plantas daninhas, visto que pelo revolvimento do solo, favorece o desenvolvimento das espécies, com as sementes existente no interior do solo, sendo afirmado por Gazziero et al. (2010) que, sementes enterradas ao longo dos anos acabam voltando a superfície, tornando ineficiente o método, sendo recomendado para áreas que apresentem um alto nível de infestação.

Onde ocorre um teor de matéria orgânica equivalente a 2,0 t/ha⁻¹ é onde se apresenta a condição mais favorável para a emergência da buva, devido a ter maior incidência de radiação solar permitindo uma umidade adequada à germinação. Devido a cultura estabelecida ter apresentado uma falha no estande, foi outro fator para o predomínio das plantas daninhas.

A aplicação isolada dos herbicidas triclon e glifosato não mostra efeito significativo no controle, pelo fato de ter sido afetado pelo estágio de desenvolvimento da planta, onde observa-se plantas com 10 a 20 cm de altura, apresentando uma ineficiência sobre elas. Para obter um controle mais rápido da buva, Gossler et al. (2015) associaram o 2,4-D juntamente com triclon e glifosato.

De modo que o gênero *Conyza* vem apresentado certa resistência ao glifosato, fazendo com que diminua a sua eficiência, mesmo com dose mais elevadas. Koger et al. (2004), identificaram

biótipos de buva que resistiram a doses 8 vezes superiores que a recomendada do glifosato. Grigoli (2016) não recomenda o uso isolado para o controle de plantas daninhas na pré-emergência da soja, onde há uma vasta gama de plantas daninhas apresentando resistência a este herbicida.

Na avaliação de desdobramento da interação para porcentagem de controle de plantas daninhas após 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação para os diferentes tratamentos utilizados na dessecação da buva na cultura da soja (Figura 1), conforme expresso os resultados observam-se que ocorre um comportamento linear para os tratamentos 1, 2, 3, e 5, porém o tratamento 4 ocorre um comportamento quadrático, em específico os tratamentos 1 e 2 foi linear decrescente apresentando uma tendência à diminuir o controle ao longo dos DAA, assim fazendo com que se tenha uma maior infestação.

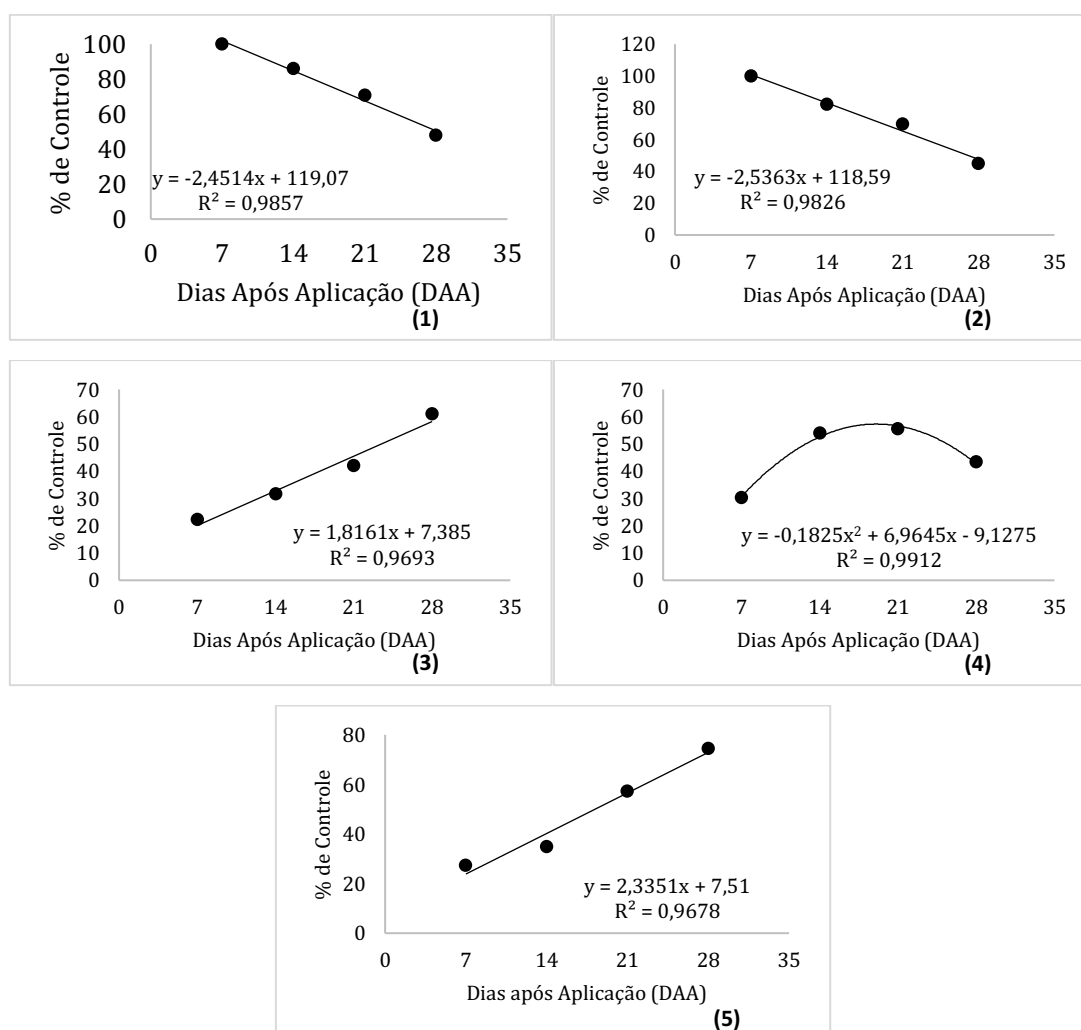


Figura 1. Desdobramento da interação para porcentagem de controle de plantas daninhas após 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação para os diferentes cinco tratamentos utilizados na dessecação da buva na cultura da soja.

Nos tratamentos 3 e 5 ocorre um comportamento linear crescente sendo que, ao passar do DAA manteve o controle, devido que ambos utilizaram a aplicação de um sequencial, pelo fato do

tratamento 4 que consiste em aplicação de herbicidas, mas sem um sequencial, após os 21 DAA diminuiu o controle perdendo a afetividade.

De acordo com as porcentagens, as que apresentam maiores índices de controle, são as que apresentam uma aplicação sequencial, visto que em 28 DAA ocorre um controle de 70% da área infestada considerada moderada, pelo fato da sem sequencial na mesma época apresentar apenas 40% juntamente com os controles mecânicos. Blainski et al. (2009), afirmam que aplicação sequencial traz benefícios, já que a planta recebe estímulos anteriores proporcionado mais susceptível no momento da segunda aplicação.

Uma aplicação sequencial pode favorecer a diminuição da população das plantas daninhas e melhorara uniformidade de estágio de desenvolvimento das mesma logo após a aplicação dos herbicidas pós-emergente, ocasionando um controle mais efetivo quanto as plantas daninhas presentes (KOSLOWSKI, 2001).

Os resultados obtidos pelos dois sistemas com sequencial, mostram diferenças significativas aos 21 e 28 DAA voltando a ter um acréscimo na população de plantas daninhas, quando se fez o revolvimento do solo, esses resultados foram similares a Kimsella (1992).

Na avaliação de componente de rendimento (Tabela 4) em função dos diferentes métodos de controle, é possível observar que com a ineficiência de controle resulta na perda de produtividade, visto que, para obter tais produtividade foi usado a estimativa de produção, onde que os tratamentos 1 e 2 apresentam os menores índices de produtividade, não diferenciando entre si, e o tratamento 5 apresenta diferença significativas entre os demais tratamentos.

Tabela 4. Número de vagens por planta (NVP) número de grãos por planta (NGP) e produção (PROD) na cultura da soja em função da aplicação de diferentes tratamentos para controle das plantas daninhas

| Tratamentos | NVP | NGP | PROD (sc/ha) |
|-------------|----------|--------|--------------|
| 1 | 58,25 c | 2,53 a | 57 c |
| 2 | 58,92 c | 2,51 a | 57 c |
| 3 | 71,86 ab | 2,55 a | 80 ab |
| 4 | 66,24 bc | 2,49 a | 72 b |
| 5 | 77,20 a | 2,53 a | 87 a |
| Média | 66,49 | 2,52 | 70,43 |
| DMS | 8,424 | 0,078 | 10,358 |

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Com o aumento da infestação das plantas daninhas apresenta redução quanto ao número das vagens por planta, ocasionado possivelmente por uma competição entre elas. Seu comportamento será dependente da densidade da cultura e das plantas daninhas, e outras condições ambientais, assim

quanto mais estresse causado a cultura mais será refletido morfológicamente, atingindo a produção final (LAMEGO et al., 2005).

Pelo fato de o solo estar sem cobertura, pode ter ocasionado menor densidade populacional da cultura, deixando maiores espaços para o desenvolvimento das plantas daninhas, ainda que conforme os dias, a infestação tomou conta e passou a cultura tornando dominante. Com o sombreamento inicial ocasiona em uma competição por luz entre ambas o que proporciona um estiolamento nas plântulas de soja, esse decréscimo de produtividade está relacionado ao sombreamento após a pré-semeadura (OLIVEIRA JR. et al., 2006).

Como obtido nos resultados isso implica na redução da produção, se não houver o controle, terá um crescimento quanto ao custo de controle por refazer as aplicações ou ter que revolver o solo, e com isso ter um menor ganho por hectare, visto que com o predomínio de plantas daninhas, se tem maior impureza no produto e avarias, ocasionando maior desconto sobre ele.

Dessa forma com as avaliações entre os tratamentos, é possível constatar as que houveram uma aplicação de sequencial obteve-se uma diferença significativas com relação aos demais, devido que o tratamento 3 e 5 apresenta melhor desempenho no controle de plantas daninhas.

Conclusão

Da forma que foi conduzido o experimento, pôde-se concluir que:

Tratamentos que apresentaram uma aplicação sequencial obtiveram maior eficiência quanto ao controle de plantas daninhas, sendo essencial para a obtenção de melhores resultados.

Quando houve o revolvimento do solo visando o controle, a eficiência foi perdida ao passar dos dias após a aplicação.

Referências

BLAINSKI, É.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, S. R.; BIFE, D. F.; RAIMONDE, M. A.; CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. Cartas climáticas do Paraná. Londrina: IAPAR, 2000.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: décimo segundo levantamento, setembro 2019 – safra 2018/2019. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2019.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; CORTEZ, M. G.; VICTÓRIA FILHO, R. Resistance of alexanderweed (*Brachiaria plantaginea*) to ACCase inhibitor herbicides in soybean from Paraná State - Brazil. In: Meeting of the Weed Science Society of America, 1998, Chicago. Anais...Chicago, 1998.

CONSTANTIN, J.; SILVERIO, R.; NETO, A. M. O.; BLAINSKI, É.; GUERRA, N. Buva, fundamentos e recomendações para manejo. Manejo da buva na entre safra. p.45-48, cap.6, 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 2000/01. Londrina, 2000. 245p. (Embrapa Soja. Documentos, 146).

- FUNDAÇÃO MS. Manejo e controle de plantas daninhas na cultura da soja. Disponível em: <https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/301/301/5bf01cb95129a8130c4169fef2523451f2156495cff60_04-manejo-e-controle-de-plantas-daninhas-na-cultura-da-soja-somente-leitura.pdf%3E>. Acesso em: jan. 10/2021.
- GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; VOLL, E.; VARGAS, L.; FORNAROLLI, D.; KARAM, D., CERDEIRA, A. L.; MATALLO, M. B.; OSIPE, R.; ZOIA, L.; SPENGLER, A. N.; Manejo de buva em áreas cultivadas com milho safrinha e aveia. In: Congresso da Ciência das Plantas Daninhas, 27, 2010, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto, FUNEP, p.1564-1569, 2010.
- GOSSLER, G. K.; FARIAS, H. S.; SILVA, B. M.; ZANDONA, R. R.; ANDRES, A.; AGOSTINETTO, D. Controle químico tardio de *Conyza sp.* em áreas de várzea do Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 9, 2015, Pelotas. Anais... Pelotas, 2015.
- GRIGOLI, J. F. J. Manejo e controle de plantas daninhas na cultura da soja. Tecnologia e produção: Soja 2015/2016. Maracajú-MS, 2016. p.110-133. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/238/238/newarchive-238.pdf>>. Acesso em: jan. 10/2021.
- HOLM, E.; DOLL, J.; HOLM, L.; PANCHO, J.; HERBERGUER, J. World weeds: Natural histories and distribution. Toronto: John Wiley & Sons, 1997. p.226-235.
- KINSELLA, J. Siembra Directa: Efectos em largo plazo. In: Congresso Interamericano de Siembra Directa Y Jornadas Binacionales de Cero Labranza, 2, 1992, Villa Giardino. Anais...Villa Giardino, 1992.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. Plantas infestantes e nocivas. São Paulo: Basf Brasileira, 1992. Tomo II. 798p.
- KOGER, C. H.; POSTON, D. H.; HAYES, R. M.; MONTGOMERY, R. F. Glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) in Mississippi. Weed Technol., v.18, n.4, p.820-825, 2004.
- KOSŁOWSKI, L. A. Aplicação Sequencial de Herbicidas de Manejo na Implantação da Cultura do Feijoeiro-Comum em Sistema de Plantio Direto. Revista Brasileira de Herbicidas, v.2, n.1, 2001.
- LAMEGO, F. P.; FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; VIDAL, R. A. Tolerância a interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. Planta Daninha, v.23, n.3, p.405-414, 2005.
- LAZAROTO, C. Biologia Ecofisiologia de buva (*Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*). Ciência Rural, v.38, p.852-860, 2008.
- LORENZI, H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. 7. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2014. 220p.
- Mc FADYEN, R. E. E. Biological control of weeds. Annu Rew Entomol., v.43, p.369-3936, 1998.
- OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; COSTA, J. M.; CAVALIERI, S. D.; ARANTES, J. G. Z.; ALONSO, D. G.; ROSO, A. C.; BIFFE, D. F. Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e produtividade da soja. Planta Daninhas, v.24, n.4, p.721-732, 2006.

OLIVEIRA, R. S. de; CONSTANTIN, J.; INQUE, M. H. *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: Omnipax, 2011. 348p.

STAFFORD, J. V.; LeBARS, J. M.; AMBLER, B. A hand-held data logger with integral GPS for producing weed maps by field walking. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.14, n.2/3, p.235-247, 1996.


VARGAS, L.; BIANCHI, M. A.; ROMAN, E. S.; RIZZARDI, M. A. Resistência de *Conyza bonariensis* ao herbicida glyphosate. In: *Congresso Brasileiro de Ciência das Plantas Daninhas*, 25, 2006, Brasília. Anais...Brasília, 2006.

CAPÍTULO XIV

FITOMASSA E TEORES DE CLOROFILA EM MUDAS DE MANJERICÃO SUBMETIDAS À ADUBAÇÃO NITROGENADA


Aglair Cardoso Alves

Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. aglair@yahoo.com

 <http://lattes.cnpq.br/4666659327763907>


Fábio Nascimento de Jesus

Doutor em Ciência Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, fabionj.agro@gmail.com.

 <http://lattes.cnpq.br/9025960898799078>


Aline dos Anjos Souza

Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). eng.alinesouza@gmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/4524533422662813>


Anacleto Ranulfo dos Santos

Professor Titular da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. anacleto@ufrb.edu.br

 <http://lattes.cnpq.br/5257027424343125>

Girlene Santos de Souza

Professora Associada da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. girlene@ufrb.edu.br

 <http://lattes.cnpq.br/4788424013248782>

Introdução

A utilização de plantas medicinais pelo homem tem sido recorrente desde o princípio da sua existência na terra, sendo uma ferramenta essencial para alívio de alguma sintomatologia (BORTOLUZZI et al., 2020). O uso empírico desses vegetais norteou a história da medicina no mundo, sendo fundamental para a obtenção de avanços relacionados a descoberta de medicamentos utilizados para mitigar uma vasta gama de enfermidades. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) a

adoção de plantas com potencial terapêutico para mitigação de sintomas e doenças vem tornando-se prática comum de um público cada vez maior e segundo a mesma cerca de 80% da população mundial faz uso de algum tipo de erva para proteção da saúde (CARNEIRO et al., 2014). Diante da importância desses vegetais à OMS recomenda aos países membros que desenvolvam pesquisas visando ao uso da flora com propósitos terapêuticos (SILVA et al., 2021).

No Brasil as perspectivas que envolvem produção, consumo e venda de plantas medicinais são positivas, já que, o país possui grande extensão territorial e condições climáticas diversas, fazendo com que a flora brasileira possua inúmeras espécies vegetais, muitas consideradas importantes matérias-primas, outras já incorporadas ao hábito alimentar dos brasileiros e algumas pouco conhecidas e potencialmente benéficas (PEREIRA & CARDOSO, 2012; BRASIL, 2012). No entanto, apesar da crescente demanda de plantas medicinais, tem-se a preocupação com o extrativismo predatório que põe em risco a sobrevivência das espécies, levando a extinção e tornando seu ecossistema natural desequilibrado (GARCIA & OLIVEIRA JR, 2021).

Dentre as espécies utilizadas pelos brasileiros com maior frequência, encontra-se o manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) que é uma planta aromática e medicinal, que pode apresentar ciclo anual ou perene, dependendo das condições do local de cultivo. Conhecida popularmente como, manjeriço branco, alfavaca, alfavaca-doce, manjeriço-doce, remédio-de-vaqueiro, segurelha, alfavaca-d'américa, erva-real, basílico-grande, manjeriço-de-folha-larga, alfavaca-cheirosa (PEREIRA & MOREIRA, 2011), foi introduzida no Brasil pelos imigrantes europeus. A espécie é pertencente à família Lamiaceae, e possui grande importância econômica, principalmente por apresentar em sua composição óleo essencial, substância bioativa de valor substancial no mercado, já que o mesmo é amplamente utilizado como condimento em carnes, saladas, bebidas não alcoólicas, sorvetes e na indústria de perfume e produtos de higiene bucal. Além disso, trata-se de um óleo essencial conhecido por apresentar propriedades inseticidas, repelentes, antimicrobianas, sendo também utilizado na conservação de grãos (PURUSHOTHAMAN et al., 2018).

O óleo essencial constitui-se no produto de maior valor na exploração da cultura do manjeriço, no entanto, para que se tenha uma produção satisfatória do mesmo, faz-se necessário que se ofereça condições para que as plantas possam se desenvolver de maneira satisfatória. E dentre estas condições destaca-se a oferta de nutrientes que são fundamentais em qualquer atividade agrícola, e dentre estes nutrientes destaca-se o nitrogênio. Sabe-se que o nitrogênio (N) é considerado o elemento mais importante durante a fase de crescimento das plantas, principalmente na fase inicial, pois faz parte da composição de biomoléculas as quais perfazem inúmeras funções na planta, como por exemplo, a clorofila e proteínas (KAPPES et al., 2009).

De acordo com Argenta et al. (2001) e Fontes et al. (1997), parte considerável do nitrogênio absorvido pela planta e assimilado pelas folhas é incorporado na composição das enzimas que estão relacionadas com os cloroplastos e participam da síntese das moléculas de clorofila, dessa forma, conclui-se que o teor de clorofila é uma variável que pode ser utilizada como um indicador eficiente

para estimar o nível de N presente na planta, sendo que a concentração deste nutriente apresenta correlação positiva com o rendimento das culturas, ou seja, quanto maior a concentração de N na planta, maior o rendimento esperado.

A determinação do teor relativo de clorofila por meio do clorofilômetro tem sido utilizada como ferramenta para mensurar a necessidade de complementação de N através da adubação nitrogenada em várias culturas. Este método apresenta vantagens, já que os métodos tradicionais utilizados para determinar a quantidade de clorofila na folha requerem destruição de amostras de tecido, o que acaba interferindo negativamente na capacidade fotossintética, além disso, trata-se de uma técnica menos trabalhosa, já que não exige os processos de extração de material e quantificação das amostras (ARGENTA et al., 2001).

As leituras efetuadas pelo medidor portátil de clorofila correspondem ao teor relativo de clorofila presente na folha da planta. Os valores são calculados pelo equipamento com base na quantidade de luz transmitida pela folha, em dois comprimentos de ondas, com diferentes absorbâncias da clorofila (MINOLTA, 1989). As regiões de picos de absorbância da clorofila são o azul e o vermelho. As de baixa absorbância situam-se nas regiões do verde e as de absorbância extremamente baixa na região do infravermelho (HENDRY, 1993). Em função disto, os comprimentos de ondas escolhidos para medição do teor de clorofila, ou do índice de esverdeamento, situam-se na faixa do vermelho, em que a absorbância é alta e não é afetada pelos carotenóides, e do infravermelho, em que a absorvância é extremamente baixa (ARGENTA et al., 2001).

A complementação de nitrogênio para as culturas via adubação pode ser realizada através da aplicação de N nas formas químicas nítrica, amoniacal e amídica. Dentre as fontes comerciais do nutriente, destaca-se a ureia, que se destaca por ser fertilizante nitrogenado mais amplamente utilizado nas atividades agrícolas no Brasil, isso pode ser explicado pela facilidade de acesso no mercado, menor custo por unidade de N, elevada solubilidade e compatibilidade para uso em mistura com outros fertilizantes (SCIVITTARO et al., 2004).

Quando se faz uma busca na literatura científica, percebe-se que as informações acerca das exigências nutricionais para a produção de manjeriço são insipientes, constatando-se que existem poucos trabalhos que tratem desta temática, mesmo quando fala-se da exigência nutricional de nitrogênio pela planta, ainda que este nutriente seja considerado imprescindível para a cultura (BLANK et al., 2006; BLANK et al., 2005; AZIZI et al., 2009). O manjeriço é uma planta medicinal condimentar e aromática, sendo o metabolito secundário (óleo essencial) dessa planta o seu principal produto, o valor do óleo essencial obtido da extração da planta, é considerado analisando não só o aspecto quantitativo relacionado ao volume obtido por massa, mas também o aspecto qualitativo que está relacionado a composição química deste óleo, ou seja, a proporção de cada uma das substâncias que o compõe. Diante do exposto, nota-se que a adição de nutrientes, particularmente nitrogênio (N) é decisiva na exploração da cultura, já que este nutriente é empregado tanto para aumentar a produção

de biomassa, afetando o metabolismo primário, quanto pode alterar a composição do óleo, tendo dessa forma influência sobre metabolismo secundário (GOBBO-NETO & LOPES, 2007).

Quando se trata de plantas medicinais em que o produto é o metabolito secundário, torna-se necessário o estabelecimento de uma forma de manejo que tenha como prioridade propiciar a maior quantidade de princípio ativo, já que, este é o produto final que interessa a indústria que lida com plantas medicinais. Segundo Gobbo-Neto e Lopes (2007) o nitrogênio é o elemento que está diretamente relacionado com a produção de metabolito secundário da planta. Segundo os autores plantas medicinais que se desenvolvem em ambientes com solos que apresentam limitações quanto à oferta de nutrientes, ocorre uma maior produção de metabólitos secundários, particularmente derivados fenólicos, no entanto, o mesmo comportamento não é observado no caso da deficiência de nitrogênio e enxofre, já que a oferta dos mesmos é diretamente proporcional à produção de metabólitos secundários.

Viana et al. (2008) em trabalho sobre índice de clorofila na folha de alface submetida a diferentes doses de nitrogênio, verificaram que as leituras de clorofila na folha de alface variaram significativamente com as doses de N utilizadas.

Diante do exposto, nota-se que estudos envolvendo a complementação de nitrogênio as plantas medicinais é de extrema importância. Por ser um fator limitante na produção de metabolito secundário, faz-se necessário o estudo do suprimento adequado de nitrogênio para que se obtenha um produto com qualidade. Neste contexto, este trabalho objetiva avaliar o efeito das diferentes doses de nitrogênio nos teores de clorofila *a*, *b* e total em mudas de manjerição.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, em casa de vegetação, no município de Cruz das Almas, Bahia (12°40" S; 39°06" W; 226 metros de altitude). O clima local é classificado como tropical quente e úmido, Aw a Am, segundo a classificação de Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013), com temperatura média de 24,5 °C anual e pluviosidade média anual de 1.170 mm (REZENDE, 2004).

Após 15 dias as mudas foram selecionadas, procurando-se uniformizar, ao máximo, através da escolha das mudas com parte área e o sistema radicular com padrão de crescimento semelhante, e transplantadas para vasos com capacidade para 1 dcm³, contendo solo e areia como substrato na proporção 1,5: 0,5. O solo utilizado foi um Latossolo com as seguintes características químicas: pH (H₂O) 6,65; Ca²⁺, 4,8 Cmol_c/dm³; Mg²⁺, 1,7 Cmol_c/dm³; Ca²⁺ + Mg²⁺; 6,5 Cmol_c/dm³; Al, 0,0 Cmol_c/dm³; H+Al, 0,78 Cmol_c/dm³; Na, 0,23 Cmol_c/dm³; S, 6,99Cmol_c/dm³; CTC, 7,77 Cmol_c/dm³; V, 89,96 Cmol_c/dm³; P, 78 Mg/dcm³; K, 105 Mg/dcm³; MO%, 2,27. As análises foram realizadas de acordo com Camargo et al. (1986).

Os tratamentos foram constituídos de quatro doses de nitrogênio (0; 40; 80; 120 e 160 Kg ha⁻¹) em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, sendo que cada parcela experimental foi constituída por uma planta.

Após 45 dias de cultivo, foram avaliados os teores de clorofila a, b e total foram analisados por meio da utilização do medidor eletrônico Falker modelo CFL1030, este equipamento emprega fotodiodos emissores de três faixas de frequência de luz para obter o índice de pigmentos. Este equipamento emite luz dentro do espectro de absorção da clorofila ($\lambda = 635$ e 660nm) e do infravermelho ($\lambda = 880\text{nm}$) (FALKER, 2008).

Logo após as análises de crescimento as plantas foram particionadas e colocadas para secar a 45°C em estufa de circulação de ar forçada durante 96 horas após o tempo foram analisadas as variáveis massa seca da folha (MSF), massa seca da haste (MSH), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR), utilizando-se de uma balança analítica com precisão de três casas (BENICASA, 2004).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com significância ($P < 0,05$) e estudo de regressão, empregando o programa estatístico SISVAR®5.3 (FERREIRA, 2008).

Resultados e Discussão

Pode-se verificar que ocorre efeito altamente significativo a 1% de probabilidade pelo teste F da análise de variância para todas as variáveis analisadas, indicando que os tratamentos diferem entre si. Os índices de clorofila *a*; *b* e total apresentam um comportamento quadrático quando submetidas às doses de nitrogênio. Observa-se que a dose estimada de 95,51 kg ha⁻¹ de N promove o maior teor de clorofila *a* (33,68 ICF), proporcionando um incremento de 7,9% nesta variável quando comparada ao controle (0 kg ha⁻¹ de N). Comparando-se a dose máxima de ureia aplicada (160 kg ha⁻¹ de N) e a dose estimada (95,51 kg ha⁻¹ de N) verifica-se que a dose máxima promove uma redução de aproximadamente 3,6% nos teores de clorofila *a* das mudas de manjerição (Figura 1).

O nitrogênio faz parte da molécula de clorofila, sendo assim, geralmente quanto maior a presença do mesmo, maior a síntese de clorofila. No entanto, vale destacar que doses excessivas podem provocar redução do teor de clorofila, conforme observado no presente estudo. Sorrato et al. (2004) avaliando o teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada, também obtiveram respostas quadráticas. Enquanto Alves et al. (2013) em trabalho com rúcula observaram que nas plantas o índice de clorofila *a* foram incrementados com a elevação das doses de nitrogênio.

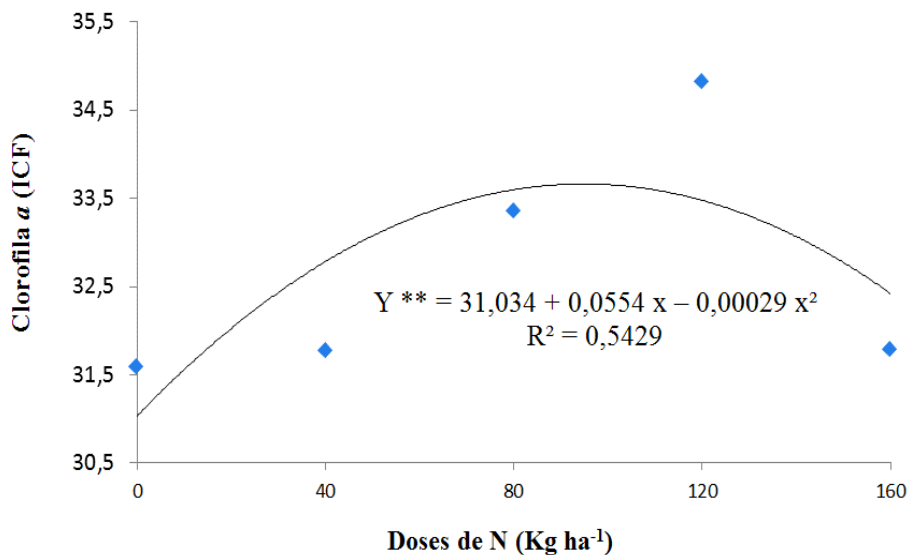


Figura 1. Índices de clorofila a de mudas de manjeriço submetidas a diferentes doses de nitrogênio. Cruz das Almas, Bahia.

Os menores valores clorofila a, são observados nas plantas com deficiência de nitrogênio, que também apresentam clorose foliar. Segundo Coelho et al. (2010), este fato pode ser explicado pela redução da síntese do glutamato, ácido δ-aminolevulínico (ALA) e na atividade da porfobilinogênio sintase em ambientes com deficiência em nitrogênio, como consequência a uma queda na biossíntese de clorofila, o que leva ao desenvolvimento da clorose nas plantas. Por esse motivo que geralmente quando as plantas se encontram na ausência de nitrogênio os teores de clorofila encontrados são menores.

Na análise da clorofila b, constata-se que a dose estimada 90,33 kg ha⁻¹ de N promove o maior teor de clorofila b (11,43 ICF). Esta dose proporciona um incremento de 10,64% neste parâmetro quando comparada à dose de 0 kg ha⁻¹ de N. Alves et al. (2013), em trabalho com rúcula observaram que o índice de clorofila b foi incrementado com a elevação das doses de nitrogênio.

Com relação à comparação entre a dose máxima aplicada (160 kg ha⁻¹ de N) e a dose estimada (90,33 kg ha⁻¹ de N) verifica-se que a dose máxima promove uma redução de aproximadamente 6,43% nos teores de clorofila b plantas de manjeriço (Figura 2).

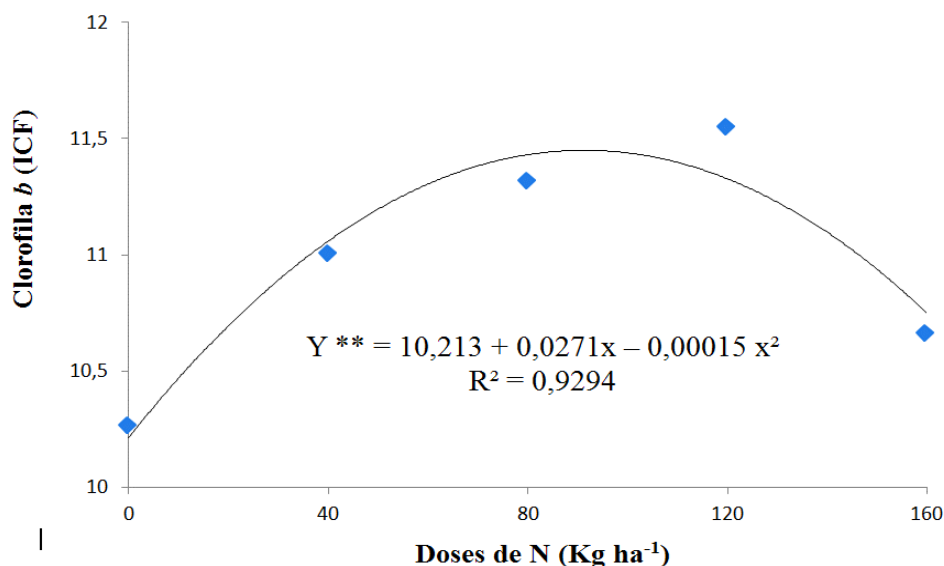


Figura 2. Índices de clorofila b de mudas de manjeriçao submetidas a diferentes doses de nitrogênio. Cruz das Almas, Bahia.

O índice de clorofila total ($a+b$) é maior (45,11 ICF) nas plantas de manjeriçao submetidas a dose estimada de 93,75 kg ha⁻¹ de N. Esta dose proporciona um incremento de 40% nesta variável quando comparada à dose de 0 kg ha⁻¹ de ureia. Comparando-se a dose máxima aplicada (160 kg ha⁻¹ de N) e a dose estimada (103,25 kg ha⁻¹ de N) verifica-se que a dose máxima promove uma redução de aproximadamente 2,0% na clorofila total ($a+b$) das plantas (Figura 3).

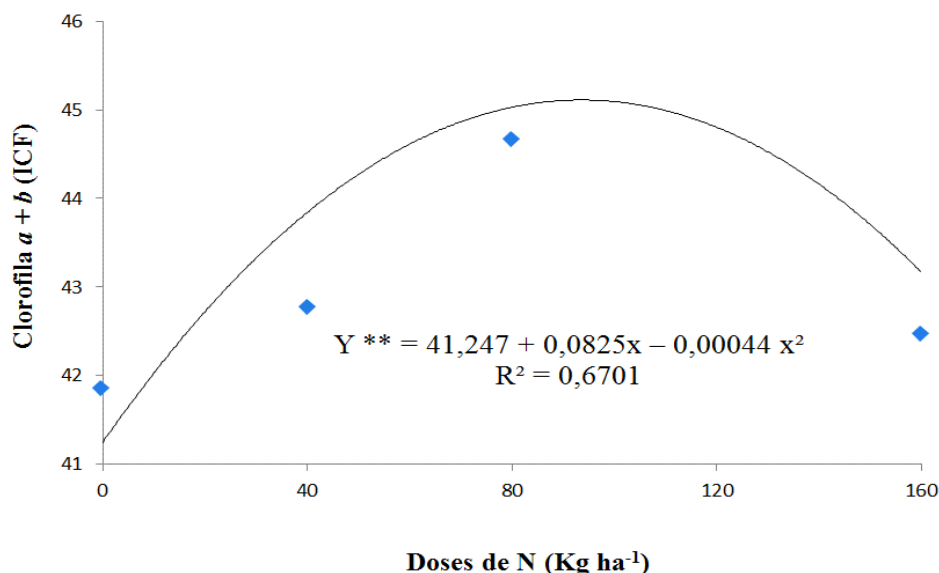


Figura 3. Índices de clorofila total de mudas de manjeriçao submetidas a diferentes doses de nitrogênio. Cruz das Almas, Bahia

Verificando a clorofila a ; b e total ($a+b$), pode-se observar que na ausência de nitrogênio as plantas apresentam menor síntese de clorofila. Conhecendo os valores de clorofila nas plantas de manjeriçao quando submetidas à dose 0 kg ha⁻¹ até 160 kg ha⁻¹ de N, é possível correlacionar a

clorofila com os teores de nitrogênio. A determinação do teor de clorofila pelo clorofilômetro apresenta algumas vantagens sobre outros métodos. Dentre essas, destacam-se: a velocidade da leitura; o custo mínimo de manutenção, em que não exige compra sistemática de produtos químicos (PIEKIELEK & FOX, 1992); não há necessidade de envio de amostras para laboratório, e podem ser realizadas inúmeras amostras, sem implicarem destruição de folhas (MALAVOLTA et al., 1997).

A massa seca de haste é significativamente influenciada pelas doses de ureia (Figura 4). A menor massa seca de haste (1,3159 g) foi obtida na ausência da ureia uma redução aproximadamente 60,78% quando comparado à dose estimada 101 kg ha⁻¹ de N (3,356 g).

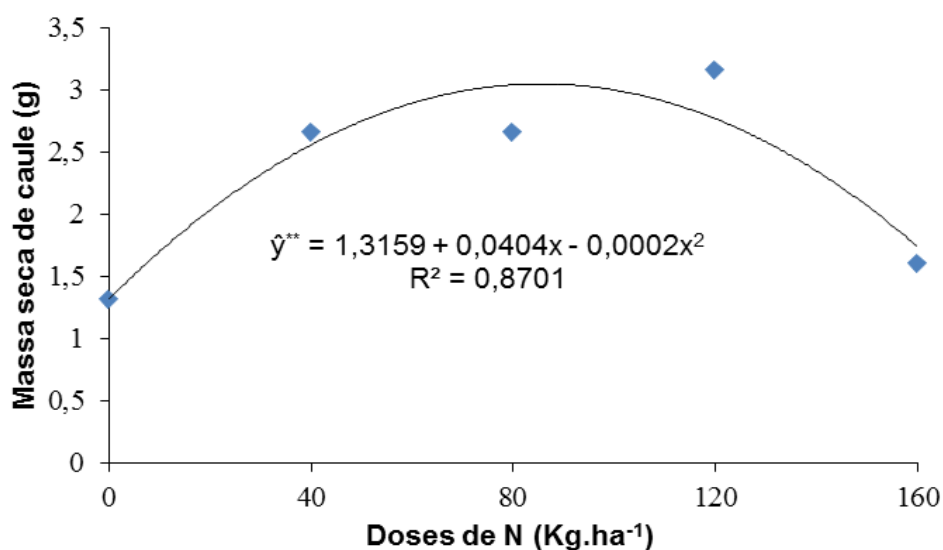


Figura 4. Massa seca do caule de plantas de manjeriçao sob doses de nitrogênio, Cruz das Almas, Bahia.

A massa seca da parte aérea das plantas também apresenta comportamento quadrático, verificando-se que ocorre incremento na massa seca com a adição do nitrogênio, até a dose estimada de 83 kg ha⁻¹ de N, que proporciona a maior média (5,75 g). A aplicação desta dose representa incrementos de aproximadamente 36 e 31% quando comparada a testemunha (0 kg ha⁻¹ de N) e a dose máxima aplicada (160 kg ha⁻¹ de N), respectivamente (Figura 5).

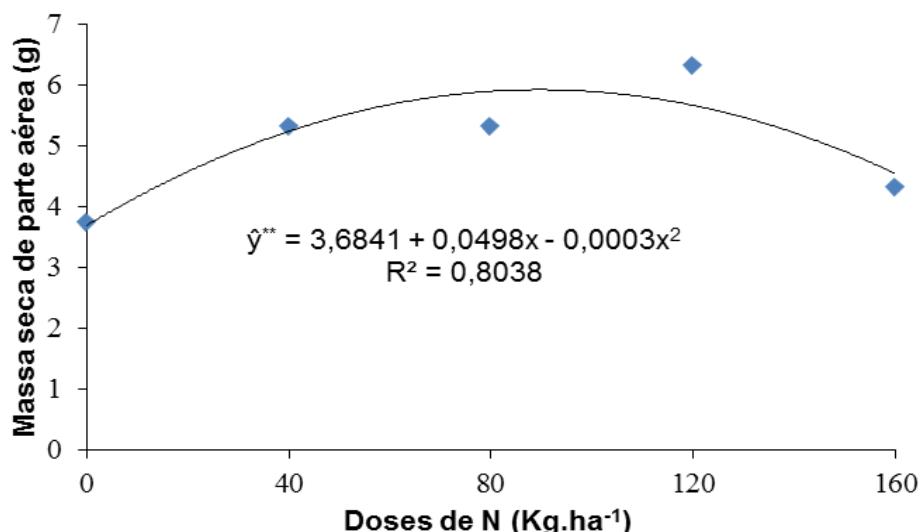


Figura 5. Massa seca da parte aérea de plantas de manjeriço sob doses de nitrogênio, Cruz das Almas, Bahia.

Farinelli et al. (2006) estudando o efeito da adubação nitrogenada de cobertura no feijão em plantio direto e convencional concluíram que, as doses de adubação nitrogenada interferiram na produção de matéria seca da parte aérea. De acordo com Büll (1993), plantas que estão sendo supridas com nitrogênio na quantidade correta costumam apresentar maiores áreas foliares, pois, esse nutriente exerce influência na fotossíntese, expansão e divisão celular.

May et al. (2010) avaliando a produção de biomassa e óleo essencial de *Mentha citrata* em função do manejo cultural e adubação nitrogenada, observaram que as maiores doses de nitrogênio promoveram incrementos na massa seca acumulada da parte aérea de plantas, com aumento de 32% na massa seca produzida com aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N comparativamente a não aplicação de nitrogênio.

O nitrogênio é um nutriente básico para a formação de proteínas, aminoácidos, vitaminas, ácidos nucleicos e da clorofila, promovendo o aumento da massa verde da planta, responsável pela produção de carboidratos que serão, posteriormente, utilizados para o desenvolvimento vegetativo da planta (HEWITT & SMITH, 1975).

Quanto à massa seca total das plantas de manjeriço, a proporção estimada 101 kg ha⁻¹ de N (7,73 g) promove incrementos de 39,62 e 13,53% quando comparados respectivamente aos tratamentos 0 (4,6676 g) e 160 (6,4827 g) kg ha⁻¹ de N (Figura 6).

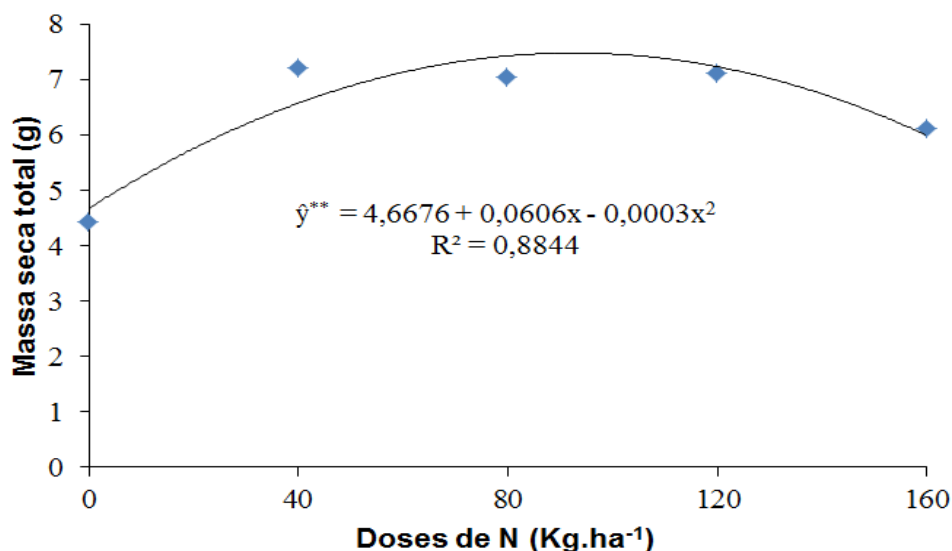


Figura 6. Massa seca total de plantas de manjeriço sob doses de nitrogênio, Cruz das Almas, Bahia.

Com o aumento das doses de N aplicadas, ocorrem aumentos da altura, número de folhas, massa seca do caule, parte aérea, massa seca total e área foliar das plantas de manjeriço até um ponto de máximo, sendo que, a partir deste ponto, não são observados aumentos nesses parâmetros avaliados nas plantas.

Segundo DeCarlos Neto et al. (2002) este comportamento pode ter ocorrido devido à diminuição do pH do substrato, em função da liberação de H⁺ produzido, durante o processo de nitrificação da uréia aplicada. Na deficiência de nitrogênio as plantas apresentam menores taxas de crescimento, devido à baixa formação de proteínas e outros compostos nitrogenados que controlam o crescimento (BÜLL, 1993)

Conclusão

As doses 83 e 101 kg ha⁻¹ de N, proporcionaram maior massa seca de caule, massa seca de parte aérea e massa seca total das plantas de manjeriço.

Existiu uma correlação entre doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, com leituras ICF.

A ausência de nitrogênio limitou a síntese de clorofila *a* e *b* e total (*a+b*) das plantas de manjeriço.

As doses entre 90 e 105 kg ha⁻¹ de ureia promoveram maiores sínteses de clorofila *a*, *b* e total em plantas de manjeriço.

Referências

ALVARES, C. A.; CLAYTON, A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; SPAROVEK, JOSÉ, L. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

- ALVES, A. C.; JESUS, F. N. de.; SANTOS, A. R. dos. Teores de clorofila em mudas de rúcula submetidas a doses de nitrogênio. In: Reunião Nordestina de Ciência do Solo, 1, 2013, Areia. Anais..., Areia, 2013. CD-ROM.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. D.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v.13, n.2, p.158-167, 2001.
- AZIZI, A.; YAN, F.; HONERMEIER, B. Herbage yield, essential oil content and composition of three orégano (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. Industrial Crops and Products, v.29, n.1, p.554-561, 2009.
- BLANK, A. F.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SANTOS NETO, A. L.; ALVES, P. B.; ARRIGONI-BLANK, M.F. ; SILVA-MANN, R.; MENDONÇA, M. C. Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de manjerição e alfavaca. Horticultura Brasileira, v.22, n.1, p.113-116, 2004.
- BLANK, A. F.; OLIVEIR A, A. S.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; FAQUIN, V. Efeitos da adubação química e da calagem na nutrição de melissa e hortelã-pimenta. Horticultura Brasileira, v.24, n.2, p.195-198, 2006.
- BLANK, A. F.; SILVA, P. A.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R.; BARRETO, M. C. V. Influência da adubação orgânica e mineral no cultivo de manjerição cv. Genovese. Revista Ciência Agronômica, v.36, n.2, p.175-180, 2005.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2004. 42p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Práticas integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. 156p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos). (Série Cadernos de Atenção Básica 2012, n. 31).
- BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: Cultura do Milho: fatores que afetam a produtividade. Ed. L. T. BÜLL; H. CANTARELLA. Piracicaba: POTAFOS, p.63-145. 1993.
- BORTOLUZZI, M. M.; SCHMITT, V.; MAZUR, C. E. Efeito fitoterápico de plantas medicinais sobre a ansiedade: uma breve revisão. Research, Society and Development, v.9, n.1, 2020.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico, 1986. 94p. Boletim Técnico, 106.
- CARNEIRO, F. M.; SILVA, M. J. P.; BORGES, L.; LALBERNAZ, L. C.; COSTA, J. A. Tendências dos Estudos com Plantas Medicinais no Brasil. Revista Sapiência: sociedades, saberes e práticas educacionais, v.3, n.2, p.44-75, 2014.
- COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M.; NEVES, J. C. L.; SILVA, M. C. D. C. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, n.4, p.1175-1183, 2010.

- DECARLOS NETO, A.; SIQUEIRA, D. L.; PEREIRA, P. R. G.; ALVAREZ, V. V. H. Crescimento de porta-enxertos de citros produzidos em tubetes e influenciados por doses de N. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.24, n.1, p.199-203, 2002.
- FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA Ltda. Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG / CFL 1030). Porto Alegre, Falker Automação Agrícola. Rev. B. 2008. 33p.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L. B.; PENARIOL, F. G.; EGÉA, M. M.; GASPAROTO, M. G. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.2, p.307-312, 2006.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v.6, p.36-41, 2008.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química Nova*, v.30, n.2, p.374, 2007.
- HEWITT, E. J.; SMITH, T. A. *Plant mineral nutrition*. London: The English Universities, 1975. 298p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba, POTAFÓS, 1997. 319p.
- KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M.; SILVA, J. A. N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.39, n.3, p.251-259, 2009.
- MAY, A.; SUGUINO, E.; MARTINS, A. N.; PINHEIRO, M. Q. Biomass production and mentha citrata essential oil production in function of the cultural management and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.5, n.3, p.370-375, 2010.
- OLIVEIRA JR; C. J.; GARCIA, J. S. Espinheira-santa: do extrativismo à produção sustentável. *Nativa*, Sinop, v.9, n.4, p.401-412, 2021.
- PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v.3, n.4, p.146-152, 2012.
- PEREIRA, R. DE C. A.; MOREIRA, A. L. M. *Manjericão: cultivo e utilização*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 31p.
- PIEKIELEK, W. P.; FOX, R. H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. *Agronomy Journal*, v.84, p.59-65, 1992.
- PURUSHOTHAMAN, B.; SRINIVASAN, R. P.; SUGANTHI, P.; RANGANATHAN, B.; GIMBUN, J.; SHANMUGAM, K. A. Comprehensive Review on *Ocimum basilicum*. *Journal of Natural Remedies*, v.18, n.3, p.71-78, 2018.
- REZENDE, J. O. *Recôncavo Baiano, berço da Universidade Federal segunda da Bahia: passado, presente e futuro*. Salvador: P&A, 2004. 194p.
- SCIVITTARO, W. B.; OLIVEIRA, R. D.; MORALES, C. F. G.; RADMANN, E. B. Adubação nitrogenada na formação de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' em tubetes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, n.1, p.131-135, 2004.

SILVA, A. M.; PAES, L. W. C.; MARTINAZZO, A. P.; SOUZA, P. P.; MARTINS, F. A. C. B. Plantas medicinais como recurso terapêutico nos bairros Siderópolis e Santa Rita do Zarur em Volta Redonda/RJ. *Brazilian Journal of Development*, v.7, n.2, p.11997-12014, 2021.


SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C. de; ORIVALDO, A. R. F. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.9, p.895-901, 2004.

CAPÍTULO XV

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE POÇOS EM ILHÉUS, BAHIA, BRASIL


Rita de Cascia Avelino Suassuna

Dra. Professora Associada, Universidade Federal do Sul Bahia, Ilhéus, BA
casciasuassuna@ufsb.edu.br

 <http://orcid.org/0000-0001-6254-9208>


Joseane Maria Silva Soares

Acadêmica de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Sul Bahia, Ilhéus, BA
soares.joseane@live.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4738-078X>


Davi Bispo dos Santos

Acadêmico de Engenharia Ambiental e da Sustentabilidade, Universidade Federal do Sul Bahia, Ilhéus, BA
davi.bispo@gfe.ufsb.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-1644-0281>


Vinícius de Amorim Silva

Dr. Prof. Associado, Universidade Federal do Sul Bahia, Ilhéus, BA
vinicius.amorim@cja.ufsb.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0001-5814-9199>


Fernando Mauro Pereira Soares

Dr. Prof. Adjunto, Universidade Federal do Sul Bahia, Ilhéus, BA
soaresfernandomp@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5079-5233>

Gerson dos Santos Lisboa

Dr. Prof. Adjunto, Universidade Federal de Goiás, Aparecida de Goiânia, GO, gersonlisboa@ufg.br

 <https://orcid.org/0000-0002-9834-2441>

Introdução

De acordo com Libânio (2010), cerca de 75% da superfície da Terra é constituída por água e, em alguns animais, chega a constituir até 98% da composição dos seus corpos, sendo considerada, portanto, um recurso indispensável à vida. Dessa forma, um dos usos de fundamental importância da água é o abastecimento humano. No entanto, Leme (2014) cita outros usos da água, tais como o uso

industrial, a irrigação, a dessedentação de animais, a conservação da fauna e flora, a recreação, a estética, a pesca, a geração de energia, o transporte e a diluição e depuração de despejo.

Segundo Miranda (2007), a necessidade de água varia em função da cultura da população, da geografia, do tipo de comunidade, da estação do ano e da região em questão. No entanto, a disponibilidade de água doce na natureza é limitada, em função do custo elevado, quando se trata de sua obtenção nas formas menos convencionais, tais como a água do mar e as águas subterrâneas. Portanto, faz-se necessária a preservação e o uso racional das águas doces superficiais.

Por ser um excelente solvente, a água nunca é encontrada na natureza em estado de absoluta pureza, uma vez que tem a capacidade de dissolver impurezas presentes na natureza (RICHTER & NETTO, 2011). De acordo com Souza et al. (2014), a qualidade e a quantidade das águas dos rios vêm sendo cada vez mais afetadas pela ocupação desordenada das suas bacias hidrográficas. O crescimento demográfico e o desenvolvimento social e econômico aumentam a demanda por água e provocam alterações físicas, químicas e biológicas nos ecossistemas aquáticos.

A água para consumo humano pode ser captada de fontes superficiais e subterrâneas, sendo essas últimas bastante utilizadas por grande parte da população brasileira, especificamente em regiões com pouca disponibilidade hídrica. Na região Nordeste, em locais com longos períodos de estiagem e escassez de água, a disponibilidade desse tipo de fonte é essencial. Daltro Filho (2018) cita que, nas zonas rurais, assim como em grande parte dos municípios brasileiros, a água dos poços representa parcela importante para o consumo humano e geralmente é extraída por meio de poços escavados que são construídos manualmente, sempre em lençóis freáticos de baixa profundidade.

Bastos (2013) cita que, a construção de poços é um dos métodos mais antigos de captação de água e que a qualidade da água não estava tão comprometida como na atualidade.

De acordo com Heller (2016), é necessário proteger os corpos hídricos das fontes de poluição e de contaminação, a fim de se preservar a qualidade da água. Água considerada imprópria para o consumo humano pode apresentar sérias implicações na saúde da população, mais especificamente devido às doenças de veiculação hídrica, seja por ingestão de água contaminada, seja pela insuficiência da quantidade da água disponibilizada. No que concerne à qualidade microbiológica da água, Costa et al. (2012), ressalta que a água subterrânea tem potencial capacidade de transmissão de doenças causadas principalmente por microrganismos patogênicos ou por meio de substâncias químicas, encontradas em concentrações fora dos padrões permitidos pela legislação.

A água disponibilizada para consumo humano deve ser de qualidade e em quantidade que satisfaça às suas necessidades, a fim de que a saúde seja preservada. No que concerne à sua qualidade, a água sofre alterações naturais e, também, decorrentes de ações antrópicas, o que confere alterações das suas características físico-químicas e microbiológicas, tornando-a, muitas vezes, imprópria para o consumo humano. A fim de regular humanos procedimentos de controle de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de portabilidade, a Portaria nº 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021).

Desta forma, a proposta deste trabalho é avaliar a qualidade físico-química da água de poços em comunidades rurais localizadas próximas a cidade de Ilhéus (Bahia) e em um bairro da referida cidade.

Material e Métodos

Área de estudo

O município de Ilhéus está situado no Sul do estado da Bahia (Figura 1), entre as coordenadas geográficas 14°40'S e 14°38'S e 39°04'O e 39°00'30''O. O seu território compreende 1.588,555 km², tem uma população estimada em 157.639 pessoas, com uma densidade demográfica de 104,67 hab./km² e conta com apenas 65,9% de esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2021).

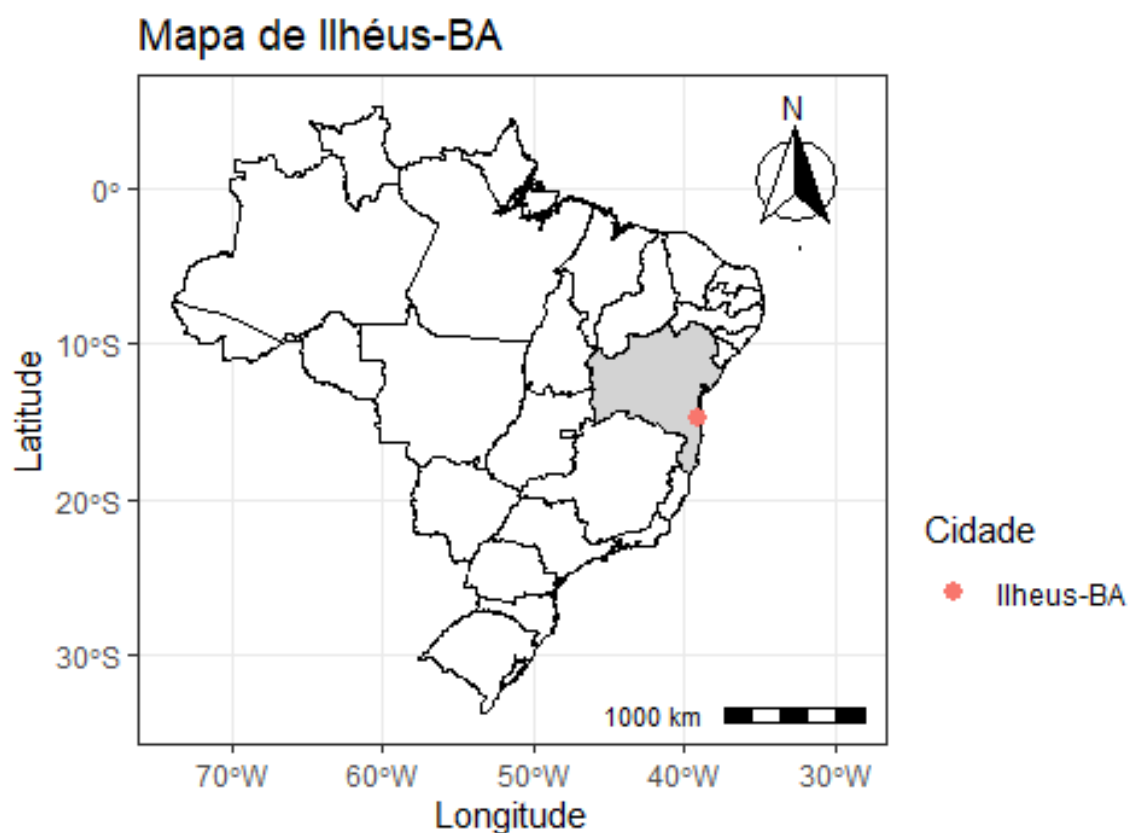


Figura 1. Mapa de localização do município de Ilhéus, Bahia. Fonte: adaptado de IBGE (2009).

Caracterização climática e morfopedológica

A classificação climática de Ilhéus é quente e úmida, normalmente, sem estação seca. O total anual da precipitação pluviométrica pode atingir 2.046mm, já a temperatura média fica em torno de 24,3°C, acima de 18°C (SEI, 2021; INMET, 2021). O clima ilheense apresenta as suas características refletidas na vegetação nativa, a mata atlântica. A precipitação pluviométrica bem distribuída ao longo do ano é responsável pela fisionomia dessa floresta ombrófila densa, e tem como fator relevante a evapotranspiração potencial por meio de suas folhas latifoliadas. A temperatura média anual é de 25,5°C nos meses de fevereiro e março e mínima de 21,6°C, entre os meses de julho e agosto

apresenta a maior precipitação pluviométrica média de 139 mm entre os meses de março e abril, já a menor média anual é de 78 mm presente nos meses de setembro (THORNTHWAITTE & MATHER 1955; SEI, 2021; INMET, 2021; INPE/DGI, 2021).

O embasamento cristalino é a predominância litológica encontrada nos limites territoriais de Ilhéus. A geomorfologia é marcada pelas seguintes unidades morfológicas: Planície Litorânea e Planalto Costeiro (CBPM, 2000; SEI, 2021).

A Planície Litorânea é identificada na direção Norte-Sul ao longo do litoral ilheense. São formadas por material não consolidado e pouco consolidado com gênese marinha, fluviomarinha, fluvial e eólica, resultando nas mais variadas formas de relevo de mares e morros. Os solos são de baixa fertilidade natural, textura predominantemente arenosa, ácidos, espessura de variedade e entre os Neossolos Quartzarênicos (Areias Quartzozas) e os Espodossolos com textura predominantemente arenosa e raramente argilosa no horizonte B (CBPM, 2000; SiBCS/EMBRAPA, 2018; SEI, 2021).

O Planalto Costeiro é uma faixa do relevo adjacente as planícies litorâneas. Contém planaltos rebaixados, formas tabulares e um conjunto de serras e maciços montanhosos com uma amplitude altimétrica que varia de poucos metros, podendo alcançar mais de 300 metros. Os solos são de textura arenosa e argilosa variando entre baixa e alta fertilidade natural. São designados como Latossolos, Argissolos (Podzólicos), Luvisolos (Podzólicos) e Chernossolos (Brunizéns). Nos setores limítrofes ao litoral o planalto costeiro apresenta-se dissecado, com o pronunciamento de vales encaixados por vezes profundos, à medida que se adentra o interior, os vales apresentam-se mais conservados. Os topos de morros mais aplainados estão associados, na maioria das vezes, a cobertura superficial denominada de Formação Barreiras. (CBPM, 2000; SiBCS/EMBRAPA, 2018; SEI 2021).

Inicialmente, foi realizada a escolha das comunidades rurais de Acuípe e Lençóis, considerando a proximidade dessas localidades da cidade de Ilhéus, a presença de poços nesses locais, bem como a utilização de água dos poços para abastecimento da população. No caso do bairro Salobrinho, a seleção foi em função do grande número de poços existentes no local, bem como a utilização da água desses poços para abastecimento humano.

No que concerne à identificação, todos os poços das comunidades rurais e do bairro foram identificados e diagnosticados mediante levantamentos realizados junto à comunidade, por meio de entrevistas organizadas em questionários. Dentre os levantamentos, foram coletadas informações acerca de: localização dos poços; qualidade organoléptica da água; realização de tratamento da água dos poços; proximidade do poço com fossas sépticas, entre outras.

Além disso, foram realizados registros fotográficos e suas localizações foram identificadas com o uso de *Global Positioning System* (GPS) de navegação com precisão média de cinco metros. Ainda nesta fase, foram levantados os usos potenciais da água dos poços e presença de possíveis fontes de contaminação e/ou poluição, servindo como subsídio para avaliação de eventual alteração da qualidade da água.

Identificação das localidades e dos poços de água

O bairro de Salobrinho dista 17 km do centro urbano da cidade de Ilhéus, BA e é cortado em toda a sua extensão, pela rodovia BR-415. Está localizado próximo à Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), com uma população aproximada de quatorze mil habitantes.

A comunidade rural de Acuípe está situada no litoral Sul, no município de Ilhéus e tem uma população aproximada de 380 habitantes. A comunidade rural dista cerca de trinta e cinco quilômetros do centro da cidade de Ilhéus.

Os poços subterrâneos individuais apresentaram profundidades que variaram entre três e cinco metros e a maioria dos moradores utiliza a água para abastecimento humano.

Alguns moradores da comunidade rural afirmaram não utilizar a água para beber, devido a água apresentar coloração avermelhada e sabor metálico. Na comunidade, são utilizadas fossas rudimentares para a disposição do esgoto doméstico, com possibilidade de contaminação do solo e dos corpos d'água localizados a montante e próximos delas.

A comunidade rural de Lençóis tem uma população aproximada de 330 habitantes e está localizada a aproximadamente trinta e oito quilômetros do centro da cidade de Ilhéus, Bahia.

Nas Tabelas 1, 2 e 3 são apresentadas as coordenadas geográficas de cada um dos poços analisados. O Datum utilizado é o SIRGAS 2000.

Tabela 1. Localização dos poços em Salobrinho, Ilhéus, BA

| Poço | Latitude S | Longitude W |
|-------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 14°48'05,09" | 39°10'28,36" |
| 2 | 14°48'06,55" | 39°10'28,04" |
| 3 | 14°48'04,15" | 39°10'29,48" |
| 4 | 14°48'04,55" | 39°10'30,16" |
| 5 | 14°48'05,25" | 39°10'30,62" |
| 6 | 14°47'51,17" | 39°10'37,66" |
| 7 | 14°48'04,63" | 39°10'24,56" |
| 8 | 14°48'12,16" | 39°10'35,40" |
| 9 | 14°48'12,24" | 39°10'36,09" |
| 10 | 14°48'10,87" | 39°10'38,67" |
| 11 | 14°48'11,59" | 39°10'39,50" |
| 12 | 14°48'11,09" | 39°10'37,44" |
| 13 | 14°48'10,86" | 39°10'36,19" |
| 14 | 14°48'09,82" | 39°10'35,82" |
| 15 | 14°48'08,84" | 39°10'35,48" |
| 16 | 14°48'07,70" | 39°10'34,36" |
| 17 | 14°48'04,20" | 39°10'37,30" |

Tabela 2. Localização dos poços em Acuípe, Ilhéus, BA

| Poço | Latitude S | Longitude W |
|------|--------------|--------------|
| 1 | 15°04'50,43" | 39°00'11,62" |
| 2 | 15°04'53,36" | 39°00'04,12" |
| 3 | 15°04'57,07" | 38°59'55,85" |
| 4 | 15°04'55,25" | 38°59'55,78" |
| 5 | 15°04'50,88" | 38°59'56,88" |
| 6 | 15°04'50,01" | 38°59'58,73" |
| 7 | 15°04'13,39" | 38°59'56,65" |
| 8 | 15°04'07,53" | 39°00'02,68" |
| 9 | 15°04'04,60" | 39°00'01,64" |
| 10 | 15°04'04,61" | 39°00'08,43" |

Tabela 3. Localização dos poços em Lençóis, Ilhéus, BA

| Poço | Latitude S | Longitude W |
|------|--------------|--------------|
| 1 | 15°06'24,43" | 39°00'56,98" |
| 2 | 15°06'31,23" | 39°00'57,06" |
| 3 | 15°06'39,65" | 39°00'57,73" |
| 4 | 15°06'26,76" | 39°00'48,82" |
| 5 | 15°06'37,36" | 39°00'45,45" |
| 6 | 15°06'32,38" | 39°00'37,01" |
| 7 | 15°06'39,69" | 39°00'32,75" |
| 8 | 15°06'32,81" | 39°00'22,06" |
| 9 | 15°06'39,16" | 39°00'18,91" |
| 10 | 15°06'45,85" | 39°00'17,80" |
| 11 | 15°06'45,15" | 39°00'09,24" |
| 12 | 15°06'41,09" | 39°00'06,11" |
| 13 | 15°06'47,73" | 39°00'06,28" |

Caracterização físico-química das águas dos poços

Nessa fase, foram realizadas visitas às comunidades rurais de Acuípe e Lençóis, bem como ao bairro Salobrinho, visando a determinação de parâmetros físico-químicos, determinados *in loco*, mediante o uso de um medidor multiparâmetro

Adicionalmente foram coletadas amostras de água no bairro Salobrinho, que foram devidamente acondicionadas sob refrigeração e transportadas ao laboratório de química analítica da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) para as determinações de metais, de acordo APHA (2017). Os metais determinados foram: cálcio, potássio, magnésio, sódio, cobre, ferro, enxofre e zinco. Os parâmetros físico-químicos determinados na água de poço das comunidades rurais, bem como do bairro Salobrinho e suas metodologias de determinação encontram-se listados na Tabela 4.

Tabela 4. Parâmetros físico-químicos determinados na água de poços subterrâneos nas comunidades rurais de Acuípe e Lençóis e no bairro Salobrinho, Ilhéus, BA

| Parâmetro | Unidade | Metodologia | Local de determinação |
|--|---------------------|------------------------|-----------------------|
| pH | - | Sonda multiparamétrica | <i>In loco</i> |
| Temperatura | °C | Sonda multiparamétrica | <i>In loco</i> |
| Oxigênio Dissolvido - OD | mg.L ⁻¹ | Sonda multiparamétrica | <i>In loco</i> |
| Condutividade Elétrica – C.E. | µS.cm ⁻¹ | Sonda multiparamétrica | <i>In loco</i> |
| Sólidos Totais Dissolvidos (STD) | mg.L ⁻¹ | Sonda multiparamétrica | <i>In loco</i> |
| Potencial de Oxirredução - ORP | mV | Sonda multiparamétrica | <i>In loco</i> |
| Salinidade | PSU | Sonda multiparamétrica | <i>In loco</i> |
| Metais ⁽¹⁾ : cálcio, potássio, magnésio, sódio, cobre, ferro, enxofre e zinco | mg.L ⁻¹ | Absorção atômica | Laboratório da UESC |

⁽¹⁾: Determinados apenas para o bairro Salobrinho.

Realização de oficinas de saneamento nas comunidades rurais

As oficinas de saneamento foram realizadas nas associações de moradores das comunidades rurais e trataram dos seguintes temas relacionados à água: alternativas para tratamento de água em comunidades rurais; alternativas para tratamento de esgotos nas comunidades rurais; alternativas para gerenciamento de resíduos sólidos em comunidades rurais; alternativas para manejo e drenagem das águas pluviais em comunidades rurais e alternativas para o controle de vetores em comunidades rurais.

Nessa fase foram realizadas oficinas de saneamento nas comunidades rurais, visando apresentar alternativas para o tratamento caseiro da água e/ou melhorias na conservação dos poços, visando preservar a saúde dos moradores locais. As oficinas constaram não só do tema referente à água, mas das demais áreas de saneamento que, de alguma forma, têm relação com a qualidade da água.

Desta forma, foram tratados os seguintes temas: alternativas para tratamento de água em comunidades rurais; alternativas para tratamento de esgotos nas comunidades rurais; alternativas para gerenciamento de resíduos sólidos em comunidades rurais; alternativas para manejo e drenagem das águas pluviais em comunidades rurais e alternativas para o controle de vetores em comunidades rurais. Essas oficinas foram realizadas por meio de palestras e de exposição de pôsteres sobre todos os temas propostos. Os pôsteres foram afixados nos locais das palestras e, para cada pôster, havia um pesquisador disponível para esclarecer as dúvidas sobre os diversos temas.

Resultados e Discussão

Os poços da comunidade rural de Acuípe, Ilhéus BA, apresentam profundidades que variam entre três e cinco metros e a maioria dos moradores utiliza a água para abastecimento humano. A maioria dos moradores desta localidade consideram a água dos poços como de boa qualidade, com exceção dos poços 8 e 9 que estão localizados em área de mangue, com água amarelada e odor desagradável. No entanto, a água do poço 8 não é utilizada para consumo, apenas para lavar o banheiro, e a do poço 9 somente para construção civil. Todos os moradores da comunidade utilizam fossas para o destino final do esgoto doméstico, configurando possibilidade de poluição e contaminação da água dos poços.

A profundidade dos poços varia entre três e seis metros e a maioria dos moradores utiliza a água para abastecimento humano, inclusive algumas residências não dispõem de rede de água e usa a água de poço como única fonte de abastecimento (poços 3 e 8). O poço de número 17 é comunitário e o principal do bairro, abastecendo grande parte da população que, inclusive, utiliza sua água para consumo humano. Nas proximidades desse poço, observa-se esgoto empoçado, sugestivo de contaminação de sua água.

Caracterização físico-química das águas dos poços

No total, foram estudados dez poços na comunidade rural de Acuípe, treze na comunidade rural de Lençóis e dezessete no bairro Salobrinho. Os resultados estão expressos nas Tabelas 5, 6 e 7, respectivamente.

Tabela 5. Parâmetros físico-químicos determinados na água dos poços de Acuípe, Ilhéus, Bahia

| Parâmetro | Poço | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| pH | 4,9 | 5,6 | 7,2 | 7,0 | 7,6 | 6,2 | 6,1 | 5,9 | 6,7 | 5,1 |
| T (°C) | 27,0 | 22,0 | 28,0 | 27,3 | 24,0 | 27,4 | 26,3 | 25,7 | 27,0 | 26,7 |
| Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹) | 2,8 | 4,7 | 1,0 | 2,9 | 5,2 | 2,2 | 3,5 | 2,2 | 2,2 | 3,9 |
| Condutividade Elétrica (µs.cm ⁻¹) | 113 | 84 | 475 | 173 | 451 | 184 | 142 | 128 | 149 | 103 |
| Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L ⁻¹) | 56 | 45 | 238 | 86 | 224 | 93 | 69 | 64 | 75 | 51 |
| Potencial de Oxirredução (mV) | 312 | 325 | 120 | 182 | 198 | -64 | 199 | -66 | -34 | 223 |
| Salinidade (PSU) | 0,05 | 0,04 | 0,23 | 0,08 | 0,22 | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,05 |

Tabela 6. Parâmetros físico-químicos determinados na água dos poços de Lençóis, Ilhéus, Bahia

| Parâmetro | Poço | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| pH | 5,6 | 5,2 | 6,4 | 6,3 | 4,6 | 5,3 | 6,0 | 5,0 | 5,0 | 4,8 | 4,8 | 5,4 | 6,1 |
| T (°C) | 28,8 | 27,4 | 28,7 | 27,1 | 29,9 | 31,6 | 28,1 | 28,0 | 29,0 | 28,9 | 28,0 | 28,5 | 28,0 |
| Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹) | 0,9 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,6 | 0,9 | 2,2 | 0,9 | 1,1 | 2,2 | 2,6 | 1,7 | 1,4 |
| Condutividade Elétrica (µs.cm ⁻¹) | 165 | 70 | 349 | 189 | 81 | 95 | 68 | 72 | 75 | 39 | 45 | 98 | 231 |
| Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L ⁻¹) | 76 | 35 | 174 | 94 | 40 | 47 | 34 | 36 | 38 | 19 | 23 | 49 | 115 |
| Potencial de Oxirredução (mV) | 199 | 187 | 182 | 164 | 252 | 153 | 227 | -113 | -96 | 244 | 288 | 198 | 175 |
| Salinidade (PSU) | 0,07 | 0,03 | 0,16 | 0,09 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,11 |

Tabela 7. Parâmetros físico-químicos determinados na água de poços do bairro Salobrinho, Ilhéus, Bahia

| Poço | Parâmetros | | | | | | |
|------|------------|--------|---|--|--|-------------------------------|---------------------|
| | pH | T (°C) | Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹) | Condutividade de Elétrica (µs.cm ⁻¹) | Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L ⁻¹) | Potencial de Oxirredução (mV) | Salinidade de (PSU) |
| 1 | 7,3 | 25,1 | 0,6 | 448 | 224 | 149 | 0,21 |
| 2 | 7,6 | 25,2 | 0,8 | 644 | 322 | 146 | 0,31 |
| 3 | 6,0 | 25,5 | 0,6 | 467 | 234 | 202 | 0,23 |
| 4 | 6,5 | 25,8 | 0,8 | 603 | 302 | 190 | 0,29 |
| 5 | 7,5 | 26,6 | 0,8 | 550 | 274 | 149 | 0,26 |
| 6 | 7,3 | 26,0 | 1,8 | 275 | 138 | 82 | 0,13 |
| 7 | 7,5 | 26,0 | 2,0 | 162 | 81 | 132 | 0,08 |
| 8 | 7,1 | 26,0 | 1,8 | 236 | 118 | 185 | 0,11 |
| 9 | 7,1 | 26,0 | 1,7 | 182 | 91 | 189 | 0,08 |
| 10 | 6,6 | 25,9 | 1,8 | 151 | 76 | 207 | 0,06 |
| 11 | 6,6 | 25,9 | 1,9 | 163 | 81 | 206 | 0,08 |
| 12 | 6,9 | 25,9 | 1,6 | 203 | 101 | 195 | 0,09 |
| 13 | 6,2 | 25,9 | 1,5 | 269 | 135 | 221 | 0,13 |
| 14 | 7,0 | 26,0 | 1,7 | 327 | 163 | 100 | 0,15 |
| 15 | 6,2 | 26,0 | 1,7 | 330 | 165 | 112 | 0,16 |
| 16 | 7,8 | 26,0 | 1,5 | 323 | 162 | 180 | 0,15 |
| 17 | 6,7 | 25,9 | 1,6 | 199 | 98 | 90 | 0,09 |

De acordo com os resultados, é possível observar que os valores de pH da água na comunidade rural de Acuípe variam, na sua maioria, dentro na faixa considerada ácida (abaixo de 7). Em Lençóis, todos os poços apresentam valores de pH da água considerados ácidos. No entanto, no bairro Salobrinho, a água apresenta a tendência à alcalinidade.

As diferenças de valores de pH na água das localidades provavelmente estão relacionadas à dissolução de compostos químicos do solo pela água, que proporcionam redução ou elevação nos valores de pH. Na comunidade rural de Acuípe, a água de quatro dos dez poços apresenta valores de pH fora da faixa especificada pela Portaria de consolidação nº 5/2017 do MS (6,0 e 9,5) e em Lençóis em nove dos treze poços ocorreu isso. No entanto, todos os poços de água do Salobrinho estão dentro da faixa de pH especificada pela Portaria.

Concernente às concentrações de oxigênio dissolvido, em todos os poços das três localidades apresentam-se baixas, condições características de águas subterrâneas, de acordo com a resolução do CONAMA, n.357 de 2005. Nos três locais, é observado a relação entre os valores de Condutividade Elétrica (C.E.) e as concentrações de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), ou seja, à medida que a condutividade aumenta, as concentrações de sólidos totais dissolvidos na água aumentam, e vice-versa, ratificando a relação entre esses dois parâmetros.

De maneira geral, em nenhum dos poços das três localidades, a concentração de STD excedeu o valor máximo permitido de 1000 mg.L⁻¹, especificado pela Portaria de consolidação nº 5/2017 do MS. Quanto ao potencial de oxirredução, observa-se que nos poços 6, 8 e 9, localizados em Acuípe, os valores encontrados são negativos, sugerindo alteração da qualidade da água por matéria orgânica, já que os poços estão localizados em área de manguezal. Em Lençóis, isso ocorre em dois poços (8 e 9), e em Salobrinho não há redução da água em nenhum dos poços. Os valores de salinidade da água dos poços não caracterizam a água como salobra ou salina, de acordo com a resolução do CONAMA, n.357 de 2005.

Quanto à presença de metais na água, os parâmetros foram determinados apenas no bairro Salobrinho e estão expressos na Tabela 8.

Tabela 8. Concentração de metais na água de poços do bairro Salobrinho, Ilhéus, Bahia

| Poços | Metais (mg.L ⁻¹) | | | | | | | Zn |
|--------------|------------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Ca | K | Mg | Na | Cu | Fe | S | |
| 1 | 26,05460 | 5,68340 | 8,90064 | 37,45140 | 0,01097 | 0,05849 | 6,15637 | 0,05404 |
| 2 | 23,97230 | 3,92977 | 21,14210 | 42,64990 | 0,01281 | 0,02031 | 2,93254 | 0,06302 |
| 3 | 13,43700 | 4,51766 | 4,44869 | 43,32490 | 0,01132 | 0,00372 | 3,78729 | 0,04697 |
| 4 | 18,26780 | 3,65132 | 18,40140 | 55,14400 | 0,00720 | 0,00429 | 5,22672 | 0,05825 |
| 5 | 21,82920 | 9,61758 | 5,50387 | 22,12640 | 0,01022 | 0,10056 | 4,12585 | 0,04044 |
| 6 | 37,09180 | 6,86190 | 8,79926 | 39,36000 | 0,01301 | 0,00906 | 9,63647 | 0,04777 |
| 7 | 8,51720 | 2,50632 | 3,28796 | 39,94710 | 0,00697 | 0,05173 | 1,84983 | 0,03702 |
| 8 | 8,12759 | 4,42551 | 3,57292 | 61,89200 | 0,02928 | 0,05462 | 3,90274 | 0,10718 |
| 9 | 20,76930 | 7,63120 | 7,12849 | 29,62210 | 0,01450 | 0,01586 | 13,12550 | 0,04734 |
| 10 | 4,90073 | 2,71767 | 3,19226 | 41,76730 | 0,00837 | 0,00406 | 1,31320 | 0,05149 |
| 11 | 9,23249 | 3,05642 | 5,71997 | 38,21680 | 0,00887 | 0,03972 | 1,69544 | 0,04079 |
| 12 | 7,86670 | 3,57079 | 4,93574 | 54,44000 | 0,01408 | 0,08217 | 3,16506 | 0,04376 |
| 13 | 5,70148 | 6,52725 | 4,35854 | 70,52800 | 0,01136 | 0,01000 | 2,20345 | 0,04498 |
| 14 | 18,02500 | 9,01533 | 5,99657 | 65,13000 | 0,01132 | 0,07483 | 5,91040 | 0,03777 |
| 15 | 9,45874 | 4,29231 | 10,13870 | 75,64400 | 0,01228 | 0,01428 | 6,12823 | 0,06230 |
| 16 | 39,88780 | 10,29030 | 15,31840 | 53,97000 | 0,00755 | 0,03758 | 6,29721 | 0,04811 |
| 17 | 10,40710 | 2,67083 | 6,65965 | 43,37540 | 0,01140 | 0,00885 | 1,84349 | 0,05808 |
| Média | 16,67923 | 5,35092 | 8,08854 | 47,91702 | 0,01185 | 0,03471 | 4,66469 | 0,05231 |

São observadas as seguintes concentrações médias de metais na água dos poços de Salobrinho: cálcio (16,67923 mg.L⁻¹), potássio (5,35092 mg.L⁻¹), magnésio (8,08854 mg.L⁻¹), sódio (47,91702 mg.L⁻¹), cobre (0,01185 mg.L⁻¹), ferro (0,03471 mg.L⁻¹), enxofre (4,66469 mg.L⁻¹) e zinco (0,05231 mg.L⁻¹), nenhuma considerada prejudicial à saúde, (de acordo com a resolução do CONAMA, n 357 de 2005).

De maneira geral, apesar dos parâmetros físico-químicos avaliados na água dos poços do bairro não superiores às concentrações máximas permitidas pela legislação, é imprescindível que a qualidade microbiológica da água seja avaliada, já que alguns poços apresentam possibilidade de contaminação, visto estarem localizados próximos às fossas sépticas, sendo este, o tratamento realizado para o esgoto doméstico nas três localidades. Essa condição é observada especificamente no poço comunitário de número dezessete, localizado no bairro Salobrinho, com empoçamento de esgoto nas suas proximidades.

Realização de oficinas de saneamento nas comunidades rurais

A oficina de saneamento foram realizadas por meio de palestra com o tema "saúde e saneamento" e de exposição de *banners* sobre os temas "alternativas para tratamento de água em comunidades rurais; alternativas para tratamento de esgotos nas comunidades rurais; alternativas para gerenciamento de resíduos sólidos em comunidades rurais; alternativas para manejo e drenagem das águas pluviais em comunidades rurais e alternativas para o controle de vetores em comunidades rurais". A oficina foi realizada apenas na comunidade rural de Acuípe, no colégio Indígena Tupinambá de Acuípe de Baixo (Figura 2), com um total de participantes estimado de 35 alunos, com cerca de 80% deles na faixa etária de 13 e 17 anos. O público complementar correspondeu a professores, monitores e comunidade que residia próximo ao colégio, com idade variando entre 20 a 48 anos. Foto da oficina realizada na comunidade rural de Acuípe , BA.



Figura 2. Oficina realizada na comunidade rural de Acuípe, Ilhéus, BA.

Conclusão

Foi possível concluir que:

A profundidade dos poços freáticos das comunidades rurais e do bairro Salobrinho variou entre

dois e seis metros, sendo considerados poços rasos, com maior possibilidade de alteração da qualidade de sua água;

Nas três localidades a água dos poços era, na sua maioria, utilizada para abastecimento humano, de aparência clara sem odor. Em Lençóis, dois poços (8 e 9) apresentaram água amarelada, com odor característico de decomposição de material orgânico, porém a água desses poços não era utilizada para abastecimento humano;

Do ponto de vista dos parâmetros físico-químicos determinados a água dos poços das três localidades não apresentaram características impróprias para o consumo, à exceção dos baixos valores de pH em Acuípe e Lençóis, o que não se constitui em um sério problema ao consumo;

Faz-se necessário avaliar a qualidade microbiológica da água, uma vez que existe a possibilidade de alteração de sua qualidade por microrganismos patogênicos presentes nos esgotos domésticos das fossas;

Faz-se necessário promover a melhoria da qualidade da água nas localidades, com adoção de barreiras sanitárias a fim de evitar a disseminação de doenças de veiculação hídrica;

A realização das oficinas de saneamento foi imprescindível para esclarecer as dúvidas sobre os cuidados gerais necessários à preservação da qualidade da água de poços.

Referências

APHA–AWWA–WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – Pharmabooks, 2017.

BASTOS, M. L. Caracterização da qualidade da água subterrânea – estudo de caso no município de Cruz das Almas. 78f. TCC (Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação n.º 888, de 04 de maio de 2021. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 18 de setembro de 2021.

CBPM. Companhia Baiana de Recursos Minerais. Projeto Costa do Cacau. Salvador: CBPM, 2000. (CD-ROM).

COSTA, C. L.; LIMA, R. F.; PAIXÃO, G. C.; PANTOJA, L. D. M. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, v.33, n.2, p.171-180, 2012.

DALTRO FILHO, J. Meio Ambiente & Saneamento Ambiental. Aracaju: Ed. Criação, 2018. 488p.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2016. 870p.

IBGE. Censos Demográficos. Disponível em: <www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 18 set. 2021.


- IBGE Cidades. Ilhéus Bahia. Disponível em:
<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/ba/ilheus/panorama>>. Acesso em: 18 set. 2021.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Geração de Imagem: Catálogo de Imagens - INPE/DGI. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>. Acesso em: 19 set. 2021.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. Normais climatológicas (1980/2020). Brasília - DF, 2021. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/> Acesso em: 19 set. 2021.
- LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. São Paulo: Átomo, 2010, 640p.
- LEME, E. J. A. Manual prático de tratamento de águas residuais. São Carlos: Ed. EDUFSCar, 2014, 599p.
- MIRANDA, L. A. S. Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento. Porto Alegre: 2007. 148p.
- RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. Tratamento de Água: Tecnologia Atualizada. São Paulo: Bucher, 1991. 332p.
- SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Mapas digitalizados do Estado da Bahia: base de dados: SEI, 2000-2021. Disponível em: www.sei.ba.gov.br. Acesso em: 19 set. 2021.
- SiBCS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>. Acesso em: 19 set. 2021.
- SOUZA, R. S.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A Importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. Revista Eletrônica do PRODEMA, v.8, n.1, 2014.

CAPÍTULO XVI

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL PARA CRIAÇÃO DE SUÍNOS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE - PB


Ana Carolina Cavalcanti Moraes

Engenheira Civil, Mestranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, anacc_moraes@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-6334-8958>


Dermeval Araújo Furtado

Zootecnista, Professor Doutor Titular, UFCG, Campina Grande-PB, araujodermeval@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5035-2712>


João Maria de Andrade

Engenheiro Civil, Doutorando em Engenharia Civil, UFPE, Recife- PE, andradejmn@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7887-0132>


Joselito de Sousa Moraes

Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB, jsousamoraes@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7360-410X>

Felipe Lira Furtado

Engenheiro eletricitista, Mestrando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB flira@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8740-7326>

Introdução

O impacto das mudanças climáticas e a frequência com que ocorrem episódios de altas temperaturas estão intrinsecamente ligados às taxas de aumento na temperatura terrestre, ocorrendo praticamente em todos os países do mundo. Desta maneira, a performance dos animais, como os suínos, podem ser influenciadas pelas variações no clima, que em determinadas estações do ano podem ultrapassar os limites das condições requisitadas para o conforto e bem estar animal, onde nestas situações pode ocorrer redução no desempenho reprodutivo e produtivo, devido à diminuição no consumo alimentar e à divisão da energia metabólica ligada à dissipação do calor (RIBEIRO et al., 2018).

A suinocultura é uma atividade em expansão no Brasil, com um rebanho de cerca de 40 milhões de animais (IBGE, 2019), onde a exportação de carne suína brasileira bateu um recorde

histórico em 2020, ultrapassando 1 milhão de toneladas, crescimento 36,1% em relação a 2019, obtendo uma receita de US\$ 2,269 milhões (ABPA, 2020). A performance dos suínos no Brasil do ponto de vista zootécnico está em evolução, principalmente no número crescente de abates por ano, proporcionando o fornecimento de uma fonte saudável de proteínas a um custo reduzido. No entanto, fatores externos como o clima podem influenciar negativamente os sistemas produtivos, principalmente pela dificuldade que os suínos apresentam em dissipar calor (SOARES et al., 2017), em razão da camada de gorduras que os recobrem e ausência de glândulas sudoríparas em seu corpo.

Em ambientes desconfortáveis os animais podem não alcançar seu máximo potencial genético e nutrir-se adequadamente, tanto em função do aproveitamento de nutrientes como em função do consumo, por causa do desvio de energia necessário para manter a temperatura corporal (SOARES et al., 2017), onde parte da energia que seria utilizada para produção é desviada para a manutenção, portanto, a manutenção do conforto térmico no ambiente é essencial para proporcionar maior desempenho dos suínos, evitando que estes diminuam a eficiência de utilização da sua energia disponível.

A faixa de conforto térmico para a criação de suínos é variável, e caso a temperatura esteja acima ou abaixo dos valores recomendados, poderá haver estresse por calor ou frio (FROSI, 2017). Associando a temperatura à umidade relativa do ar, pode-se obter indicadores de conforto térmico mais precisos, como o índice de temperatura e umidade (ITU), que auxilia na identificação das condições de conforto ou desconforto térmico às quais os animais podem estar submetidos, facilitando a escolha de meios mais adequados ao acondicionamento térmico na suinocultura (FURTADO et al., 2019).

O diagnóstico ambiental ou bioclimático objetiva caracterizar os fatores meteorológicos que atuam no desempenho dos animais, uma vez que condições extremas podem prejudicar sensivelmente a produção, produtividade e eficiência produtiva dos rebanhos, objetivando-se identificar áreas e períodos críticos para os sistemas de produção e os menores riscos à atividade (SANTOS et al., 2018). Deve-se ter conhecimento das condições climáticas da região em que a granja está localizada, considerando-se os períodos mais frios e quentes do ano, bem como os de maior e menor umidade; mantendo o ambiente de criação e alojamento dos animais o mais confortável possível sob todas as condições (SILVA et al., 2020).

Assim, este trabalho tem como objetivo elaborar um diagnóstico ambiental (ou bioclimático) mensal para a criação de suínos nas fases de matriz, cria, recria, terminação e engorda no município de Campina Grande – PB, relacionando o ITU, os fatores climáticos e as exigências dos animais nestas diversas fases.

Material e Métodos

Este diagnóstico ambiental foi desenvolvido para o município de Campina Grande, estado da Paraíba, Brasil, situado na latitude 7°13'50" e longitude 35°52'51" e, baseado no método de

Thornthwaite, o clima é classificado como “C2SW”, clima subúmido, com moderada deficiência de água no verão e com vegetação durante o ano (FRANCISCO et al., 2014). As variáveis climáticas utilizadas para o diagnóstico foram: temperatura máxima (T máx. °C), temperatura mínima (T min. °C), média da umidade relativa do ar (UR, %) e o índice de temperatura e umidade (ITU máx. e min.) (Tabela 1). Os dados climáticos foram obtidos através do INMET para o período de 30 anos, de janeiro de 1980 a dezembro de 2019 (Tabela 1), e o ITU (Eq. 1 e 2) calculado conforme equação de Thom (1959).

$$ITU_{\min} = (0,8 \times TA_{\min} + (UR/100) \times (TA_{\min} - 14,4) + 46,4) \quad (\text{Eq.1})$$

$$ITU_{\max} = (0,8 \times TA_{\max} + (UR/100) \times (TA_{\max} - 14,4) + 46,4) \quad (\text{Eq.2})$$

Em que: TA - Temperatura do ar °C e UR - umidade relativa do ar (%).

Tabela 1. Dados climáticos mensais no intervalo de janeiro de 1980 a dezembro de 2019 para o município de Campina Grande – PB

| Mês | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tmin (°C) | 20,9 | 21,2 | 21,3 | 21,1 | 20,4 | 19,3 | 18,5 | 18,3 | 18,9 | 19,7 | 20,3 | 20,8 |
| Tmax (°C) | 30,6 | 30,4 | 30,1 | 29,3 | 27,9 | 26,3 | 25,7 | 26,5 | 28,1 | 29,7 | 30,5 | 30,9 |
| UR (%) | 74,6 | 75,7 | 77,9 | 79,3 | 81,8 | 84,1 | 83,5 | 80,3 | 75,8 | 72,6 | 71,5 | 72,5 |
| ITU (min) | 68,1 | 68,5 | 68,8 | 68,6 | 67,6 | 65,9 | 64,5 | 64,2 | 64,9 | 66,0 | 66,9 | 67,6 |
| ITU (máx) | 82,9 | 82,9 | 82,7 | 81,7 | 79,7 | 77,4 | 76,3 | 77,4 | 79,3 | 81,3 | 82,3 | 83,0 |

Fonte: Dados climatológicos obtidos do INMET (2021).

Os dados climatológicos foram comparados com as condições de conforto térmico adequadas para suínos, segundo as recomendações de temperatura e umidade relativa do ar, de acordo com a Tabela 2. A partir das Tabelas 1 e 2, correlacionou-se os dados climáticos do município com as condições ideais de conforto térmico para os suínos, em função da idade e peso, adotando a seguinte simbologia: I – inferiores aos exigidos pelos animais; C – confortáveis; S – superiores aos exigidos pelos animais, em que as letras maiúsculas representam a situação térmica para a Tmax; as minúsculas para a Tmin, as maiúsculas em itálico representam a UR e as minúsculas em itálico se referem ao ITU. Considerou-se conforto para inferior ao mínimo, estresse moderado entre o mínimo e o máximo e estresse acima do máximo (FURTADO et al., 2019).

Tabela 2. Zona de termoneutralidade dos suínos em diferentes fases de produção

| Categorias | Temperatura ideal (°C) | | UR (%) | ITU Ideal |
|--------------------|------------------------|------|-----------|---------------|
| | Máx | Mín | Ótima | |
| Matrizes | 18,0 | 12,0 | 50,0-70,0 | 54,56 - 62,96 |
| Leitões/Nascimento | 32,0 | 30,0 | 70,0 | 81,32 - 84,32 |
| 2° semana | 26,0 | 25,0 | 70,0 | 73,82 - 75,32 |
| 3° semana | 24,0 | 22,0 | 70,0 | 69,32 - 72,32 |
| 4° semana | 22,0 | 21,0 | 70,0 | 67,82 - 69,32 |
| 5 a 8 semanas | 22,0 | 20,0 | 50,0-70,0 | 65,76 - 68,56 |
| 20 a 30 kg | 20,0 | 18,0 | 50,0-70,0 | 62,96 - 65,76 |
| 30 a 60 kg | 18,0 | 16,0 | 50,0-70,0 | 60,16 - 62,60 |
| 60 a 100 kg | 18,0 | 12,0 | 50,0-70,0 | 56,56 - 62,96 |

Fonte: Adaptado de Furtado et al. (2019).

Resultados e Discussão

As maiores médias de temperaturas foram registradas nos meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro, acima dos 30°C e, as mínimas entre os meses de junho a outubro, abaixo dos 20°C. A umidade relativa do ar apresenta baixa amplitude térmica entre os meses, com máxima amplitude de 12,61% e, os valores de ITU variaram entre 64 e 83, influenciados pela temperatura e umidade relativa do ar (Tabela 1).

Verifica-se que para os leitões as temperaturas máximas e mínimas encontram-se abaixo das exigidas para seu conforto e bem estar (Tabela 3), sendo necessário o aquecimento suplementar para otimizar a produção, como o aquecimento dos leitões com lâmpadas incandescentes, piso aquecido por resistências elétricas ou escamoteadores com água quente circulante (SULZBACH et al., 2020), recomendando-se fechar as cortinas ou janelas para evitar correntes de vento, principalmente durante o período noturno, onde ocorrem as menores temperaturas (BEKER et al., 2020). A umidade relativa do ar para os leitões ficou acima da requisitada em todos os meses do ano (Tabela 3), podendo ser ainda mais elevada nos ambientes internos quando fechados, sendo necessária a adoção de medidas de cuidado, como ventilação e arejamento dos galpões.

Tabela 3. Diagnóstico ambiental para o município de Campina Grande - PB, para suínos, de matrizes e do nascimento dos leitões até a quarta semana de vida

| Mês | Matrizes | Leitões | 2 sem. | 3 sem. | 4 sem. |
|------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Janeiro | SsSs | liSc | SiSs | SiSs | ScSs |
| Fevereiro | SsSs | liSc | SiSs | SiSs | ScSs |
| Março | SsSs | liSc | SiSs | SiSs | ScSs |
| Abril | SsSs | liSc | SiSs | SiSs | ScSs |
| Mai | SsSs | liSi | CiSs | SiSs | SiSs |
| Junho | SsSs | liSi | CiSc | CiSs | SiSs |
| Julho | SsSs | liSi | CiSc | CiSs | CiSs |
| Agosto | SsSs | liSi | CiSc | CiSs | SiSs |
| Setembro | SsSs | liSi | CiSs | SiSs | SiSs |
| Outubro | SsSs | liSc | SiSs | SiSs | SiSs |
| Novembro | SsSs | liSc | SiSs | SiSs | SiSs |
| Dezembro | SsSs | liSc | SiSs | SiSs | SiSs |

Na faixa etária de duas a três semanas, para a Tmax há estresse por calor de setembro a maio e conforto térmico entre junho e agosto, sendo a Tmin inferior a exigida pelos animais em todos os meses do ano (Tabela 3), havendo necessidade do aquecimento para evitar estresse por frio. Em temperaturas baixas os animais aumentam o consumo de ração, em que a maior parte da energia consumida é redirecionada para manter a temperatura corporal (manutenção), dificultando a conversão alimentar e interferindo na produção de carne (SANTOS et al., 2018).

Quanto à faixa de quatro semanas, observa-se que a Tmax está acima da zona de conforto térmico em todos os meses, com elevada umidade relativa do ar e o ITU, acima dos valores recomendados. As condições climáticas estão acima das requisitadas para as matrizes (Tabela 3), necessitando de adaptações e mudanças no manejo, já que a temperatura elevada pode prejudicar seus aspectos reprodutivos, além de diminuir o fluxo sanguíneo no sistema mamário afetando negativamente a lactação (SOARES et al., 2017; BEKER et al., 2020).

Considerando a faixa de cinco a oito semanas, verifica-se que a Tmax ficou acima da zona de conforto térmico em todos os meses, e verifica-se Tmin de julho a setembro inferior ao necessário (Tabela 4). Para as fases de terminação, em todos os meses do ano a Tmax ficou acima da zona de conforto térmico, com Tmin confortável para animais entre 20 e 30 kg, e de julho a setembro para animais entre 30 e 100 kg (Tabela 4). O ITU e a umidade relativa do ar ficaram acima dos valores recomendados, sendo necessário adaptar a edificação para manter a ventilação e melhorar a temperatura interna, proporcionando resfriamento e sombreamento ideais, como o uso de nebulizadores e/ou aspersores, além de paisagismo circundante com o uso de árvores para diminuir a incidência da radiação solar (SANTOS et al., 2018). No entorno das instalações é importante utilizar

cobertura vegetal, mantidas com corte baixo (priorizando espécies perenes), de forma a evitar que abriguem parasitas e/ou predadores, isto ajudará também nas alterações do microclima do ambiente interno (SILVA et al., 2020).

Tabela 4. Diagnóstico ambiental para o município de Campina Grande - PB, para suínos de 5 a 8 semanas e fases de terminação

| Mês | 5 a 8 semanas | Fases de terminação | | |
|-----------|---------------|---------------------|------------|-------------|
| | | 20 a 30 kg | 30 a 60 kg | 60 a 100 kg |
| Janeiro | ScSs | ScSs | SsSs | SsSs |
| Fevereiro | ScSs | ScSs | SsSs | SsSs |
| Março | ScSs | ScSs | SsSs | SsSs |
| Abril | ScSs | ScSs | SsSs | SsSs |
| Mai | ScSs | ScSs | SsSs | SsSs |
| Junho | ScSs | ScSs | SsSs | SsSs |
| Julho | SiSs | ScSs | ScSs | ScSs |
| Agosto | SiSs | ScSs | ScSs | ScSs |
| Setembro | SiSs | ScSs | ScSs | ScSs |
| Outubro | ScSs | ScSs | SsSs | SsSs |
| Novembro | ScSs | ScSs | SsSs | SsSs |
| Dezembro | ScSs | ScSs | SsSs | SsSs |

Para reduzir os efeitos do estresse térmico os galpões devem ter o seu posicionamento longitudinal no sentido Leste-Oeste, evitando assim a incidência direta de raios solares no interior da instalação, utilizar materiais de cobertura que proporcione melhor eficiência térmica e, caso necessário, o uso de forro no interior da instalação, considerando altura de pé-direito apropriado (SILVA et al., 2020). Os sistemas de ventilação e de resfriamento devem ser mantidos em bom funcionamento quando a temperatura e umidade relativa do ar do ambiente estiverem fora das faixas recomendadas.

Conclusão

De acordo com os valores de temperatura do ar observados, os animais encontram-se em situações diferentes de acordo com sua faixa etária durante o ano em Campina Grande - PB, podendo haver estresse por calor ou frio, além de algumas situações de conforto térmico, tornando-se necessário o ajuste das instalações de acordo com a fase em que o animal se encontra. No entanto, a umidade relativa do ar e o ITU encontram-se acima das recomendações em unanimidade para todos os meses do ano e para todas as fases dos suínos, podendo afetar negativamente a produção, caso não sejam adotadas as medidas necessárias para lidar com tais adversidades.

Nesse sentido, as condições verificadas para o município de Campina Grande - PB, podem ser favoráveis à suinocultura, desde que sejam construídas instalações adequadas para cada fase da vida dos suínos, buscando conforto para sua máxima eficiência ser atingida, utilizando-se de soluções como proteção das faces leste e oeste do alojamento, sombreamentos naturais e artificiais, paisagismo

circundante, uso de forros, cobertura apropriadas ao clima, bem como pisos aquecidos com resistência elétrica por escamoteadores com água quente circulante. Os produtores devem atentar para as oportunidades que a utilização da gestão da ambiência pode proporcionar à produção e à economia, já que cada vez mais canaliza-se o foco na lucratividade aliada às exigências dos consumidores quanto à procedência dos alimentos, sustentabilidade e bem-estar animal.

Referências

- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório anual 2020.
- FRANCISCO, P. R.; MEDEIROS, R.; M.; BORGES, C. K.; GOMES FILHO, M. F. Caracterização e classificação climática da cidade de Campina Grande – PB. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 1, 2014, Teresina. Anais...Teresina, 2014.
- FROSI, R. G. Sistema para controle de ambiência em galpões de suinocultura – fase terminação. 109f. TCC (Graduação). Curso de Engenharia Elétrica. Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2017.
- FURTADO, D. A.; RODRIGUES, R. C. M.; CAVALCANTI, C. R.; SALES, L. R.; MASCARENHAS, N. M. H. Diagnóstico bioclimático para produção de suínos no município de Areia – PB. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019.
- IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal. Tabela 3939: efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: 25 jan. 2021.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br> Acesso em: 25 jan. 2021
- SANTOS, T. C. DOS; CARVALHO, C. C. S.; SILVA, G. C.; DINIZ, T. A.; SOARES, T. E.; MOREIRA, S. J. M.; CECON, P. R. Influência do ambiente térmico no comportamento e desempenho zootécnico de suínos. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.17, n.2, p.241-253, 2018.
- SILVA, I. J. O.; ABREU, P. G.; MAZZUCO, H. Manual de boas práticas para o bem-estar em galinhas poedeiras criadas livres de gaiolas. Embrapa, MAPA. 2020. 40p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1127416/manual-de-boas-praticas-para-obem-estar-de-galinhas-poedeiras-criadas-livres-degaiola>. Acesso em: 23/03/2021
- SOARES, T. E.; CARVALHO, C. C. S.; MARANHÃO, C. M. A.; SILVA, G. C.; DINIZ, T. A.; PEREIRA, K. C. B.; GONÇALVES, M. C. M. Alterações fisiológicas de matrizes suínas criadas nas condições climáticas do semiárido mineiro. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.16, n.3, p.302-307, 2017.
- SULZBACH, J. J.; MENDES, A.S.; POSSENTI, M. A.; DE SOUZA, C.; NUNES, I. B. Evaluation of different heating systems for new-born swine. *International Journal of Biometeorology*, v.1, p.12-18, 2020.
- THOM, E. C. The discomfort index. *Weatherwise*, v.12, n.1, p.57-60, 1959.

CURRICULUM DOS ORGANIZADORES

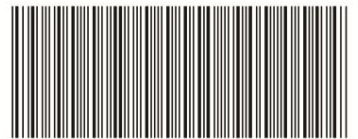
Aline Costa Ferreira: Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2007), Especialista em Desenvolvimento Sustentável para o Semiárido Brasileiro, Especialista em Gestão da Agroindústria Sucroalcooleira, Mestre em Irrigação e Drenagem pela UFCG (2009) e Doutora em Irrigação e Drenagem pela UFCG, Professora das disciplinas de Fotogrametria e Desenho técnico do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar/CCTA da Universidade Federal de Campina Grande/UFCG. Experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Engenharia Agrícola, atuando principalmente nos seguintes temas: Desenho Técnico, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Conservação do Solo e da Água, Manejo Integrado de Bacias, Desenvolvimento Sustentável, Barragem Subterrânea, Reúso de Águas, Fitorremediação, Irrigação e Drenagem, Técnicas Alternativas de Drenagem e etc.

Dermeval Araújo Furtado: Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba (1980), mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (1987) e doutorado em Recursos Naturais pela Universidade Federal da Paraíba (2002). Atualmente é professor titular da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba e professor do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFPB. Tem experiência na área de Zootecnia e Engenharia Agrícola, com ênfase em Manejo de Animais, atuando principalmente nos seguintes temas: ambiência, caprinos, semiárido, conforto térmico animal e aves. No período de maio de 2010 a outubro de 2014 foi Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG.

Paulo Roberto Megna Francisco: Pós Doutor em Ciência do Solo pela UFPB. Doutor em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem pela UFCG. Mestre em Manejo de Solo e Água pelo CCA/UFPB. Graduado pela UNESP como Tecnólogo Agrícola com especialização em Mecanização. Graduando em Engenharia Agrícola pela UFCG. Participa de Projetos de Pesquisa e Extensão juntamente com a EMBRAPA-Algodão, UFPB-Campus João Pessoa, UFCG-Campus Sumé, IFPB-Campus Campina Grande e Campus Picuí. Ministrou as disciplinas de Mecanização Agrícola, Máquinas e Motores Agrozootécnicos e Máquinas e Motores Agrícolas no CCA/UFPB. Atualmente presta consultoria para o INCRA/PB na realização de PDA's. Consultor Adhoc do CONFEA como organizador do Congresso Técnico Científico da Engenharia e Agronomia – CONTECC 2014-2019.



Portal Tecnológico
de Divulgação Científica
Eventos, Pesquisas e Inovação



978-65-00-32181-4