

Semiárido Brasileiro

4

Volume



Editora Poisson

Semiárido Brasileiro Volume 4

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2020

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais

Msc. Davilson Eduardo Andrade

Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas

Msc. Fabiane dos Santos

Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia

Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC

Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy

Msc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S471

Semiárido Brasileiro - Volume 4/Organização

Editora Poisson - Belo

Horizonte - MG: Poisson, 2020

Formato: PDF

ISBN: 978-85-7042-231-6

DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

1. Recursos Hídricos 2. Ecologia.3.

Tecnologia I. Título

CDD-333

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

www.poisson.com.br

contato@poisson.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1: Diagnóstico descritivo da gestão e do planejamento de recursos hídricos no Semiárido Brasileiro..... 06

Mychelle Karla Teixeira de Oliveira, Gessica Rafaelly Dantas da Silva

DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.01

Capítulo 2: Potencial de captação e aproveitamento de água pluvial em Escolas do Semiárido Sergipano 10

Zacarias Caetano Vieira, Carlos Gomes da Silva Júnior, Layse Souza Sampaio, Dayana Kelly Araujo Santos, Rayana Almeida de Novais

DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.02

Capítulo 3: Análise da disponibilidade dos Recursos Hídricos Subterrâneos Município de Juazeiro do Norte, Ceará..... 17

Sara Karoline Ferreira, Narjara Maria Araújo Carneiro, Claudia Estefani Rodrigues Saraiva, Robert de Lima Muniz

DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.03

Capítulo 4: Monitoramento microbiológico da água do Açude Eurípedes, Quixadá-CE 21

Beatriz Lopes e Figueredo, Mayhara Martins Cordeiro Barbosa

DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.04

Capítulo 5: Redução de salinidade em águas através de Argilomineral Modificado .. 30

Paulo Henrique Almeida da Hora, Reynaldo Borges Galvão Serra, Antônio Cicero de Sousa, Gesivaldo Jesus Alves de Figueirêdo

DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.05

Capítulo 6: Análise das variáveis hidroquímicas do Rio Salgado/CE: Contribuições para o enquadramento de rios no Semiárido Cearense. 34

Francisco José de Paula Filho, Sarah da Silva Brito, Vinícius Pereira Bacurau, Barbara Thially de Souza Gomes, Angélica Maria Lucena Gonçalves, Francisca Denise Pereira Almeida, Willian Avelino Lopes, Rosilda Benício de Souza

DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.06

Capítulo 7: Caracterização química e morfológica de sedimentos estuarinos do Delta do Rio Parnaíba..... 40

Deivid Vitor dos Santos, Raí Felipe Pereira Junio, Francisco José de Paula Filho, Leonardo Alves Pinto, Thalia Delmondes de Souza, Joaquim Bernardino Moreira Filho, João Victor Barbosa Moura, Jorge Marcell Coelho Menezes, Teobaldo Gabriel de Souza Júnior, Marcelo Oliveira Santiago

DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.07

SUMÁRIO

Capítulo 8: Estimativa da produção de sedimentos e assoreamento do Açude Fogareiro - Ceará..... 51

Raylla Ferreira de Oliveira, Tiago Rodrigues Rocha, Alef Jakson Santos, Brennda Bezerra Braga
DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.08

Capítulo 9: Variação temporal da evapotranspiração da Chapada do Apodi – CE..... 56

Ana Claudia Gomes da Silva, Solerne Caminha Costa
DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.09

Capítulo 10: Desenvolvimento de aplicação móvel (SIAGRO) para coleta de dados de umidade do solo 61

Ayrton Rogério da Silva Gomes, Marcos Adriano de Souza, Ana Claudia Davino dos Santos, Rebeca Micaela da Silva, Luiz Carlos da Silva Junior, Felipe Douglas dos Santos Alencar
DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.10

Capítulo 11: Desenvolvimento de Casa de Vegetação automatizada em pequena escala 65

Rebeca Micaela da Silva, Ana Claudia Davino dos Santos, Mário Henrique Bento Gonçalves e Oliveira, Luiz Carlos da Silva Junior
DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.11

Capítulo 12: Caracterização química de metais em lodo galvânico de indústrias de joias folheadas..... 69

Francisco José de Paula Filho, Larissa Saraiva Oliveira, Leonardo Alves Pinto, Sheilla da Silva Melo Figueiredo, Jorge Marcell Coelho Menezes, João Victor Barbosa Moura, Thiago Mielle Brito Ferreira Oliveira
DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.12

Capítulo 13: Índice de clorofila em laranjeira ‘Sincorá’ enxertada em diferentes porta-enxertos cultivadas no Nordeste..... 76

Luciana Martins Santos, Pedro Paulo Bezerra Ferreira, Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves, Débora Costa Bastos, Sebastião de Oliveira e Silva
DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.13

Capítulo 14: Aumento de biomassa Herbácea e raízes finas em fragmentos de caatinga sucessional pelo uso do raleamento 81

Deodato do Nascimento Aquino, Eunice Maia de Andrade, Helba Araújo de Queiroz Palácio, Jacques Carvalho Ribeiro Filho
DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.14

Autores:..... 95

Capítulo 1

Diagnóstico descritivo da gestão e do planejamento de recursos hídricos no Semiárido Brasileiro

Mychelle Karla Teixeira de Oliveira

Gessica Rafaelly Dantas da Silva

Resumo: As secas são um fenômeno natural, uma alteração do regime hidrometeorológico, e no Nordeste do Brasil, que afeta principalmente a população mais vulneráveis da região semiárida, criando situações de deficiência hídrica e riscos para a segurança alimentar, energética e hídrica na região. No semiárido nordestino, a captação de água durante o período de chuvas é de extrema importância para o suprimento das famílias que vivem nessas áreas do país, além disso, o estoque da água em reservatórios garante a produção de culturas irrigadas, movimentando a economia local. Para este estudo, utilizou-se pesquisa exploratória e qualitativa, bem como de notícias a respeito do tema proposto. Como critérios de seleção foram incluídos todos os artigos originais publicados em português e inglês, entre 2014 e 2019, utilizando como filtro os termos gestão de recursos hídricos e semiárido brasileiro. Objetivou-se realizar um diagnóstico descritivo da Gestão e do Planejamento de Recursos Hídricos no Semiárido brasileiro, de forma a contribuir para a discussão e fomento de estratégias de pesquisa nesta área. Historicamente, a solução apresentada pelos governos para enfrentar o problema da escassez no semiárido nordestino sempre foi investir em projetos de infraestrutura hídrica com o objetivo de aumentar a oferta de água em partes desta região. Todavia, mediante a necessidade hídrica do semiárido, faz-se necessário promover o desenvolvimento e o aproveitamento de fontes alternativas de recursos hídricos, incluindo-se o reaproveitamento de água já utilizada.

Palavras-chave: crise hídrica, planejamento de recursos hídricos, gestão de bacias hidrográficas, sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior abundância em recursos hídricos, sendo detentor de 12% da água doce disponível no mundo (CASTRO, 2012). Contudo, sua distribuição ainda é desigual e há muito desperdício no seu uso. A distribuição regional dos recursos hídricos ocorre da seguinte forma, 70% na região Norte, 15% na região Centro-Oeste, 12% nas regiões Sul e Sudeste, e 3% na região Nordeste (CASTRO, 2012). Destas regiões, o Nordeste é a que apresenta as condições hídricas mais desfavoráveis, devido a elevada taxa de evapotranspiração durante o ano, baixa precipitação, subsolo desfavorável a acumulação de água em muitas localidades (CIRILO, 2015).

Dentro da região Nordeste têm-se o Semiárido, área geográfica caracterizada pelo seu baixo índice pluviométrico, onde, o volume anual precipitado concentra-se em apenas três meses do ano, com escassez no restante dos meses (CASTRO, 2012). Desta forma, a captação de água durante o período de chuvas é de extrema importância para o suprimento das famílias que vivem nessas áreas do país, além disso, o estoque da água em reservatórios garante a produção de culturas irrigadas, movimentando a economia local (SILVEIRA et al., 2014). Em nenhuma outra região, esse tipo de aproveitamento é tão importante quanto no Semiárido nordestino, região que mais sofre com a deficiência hídrica no Brasil. Historicamente, a solução apresentada pelos governos federais ou estaduais para enfrentar o problema da escassez no Semiárido nordestino sempre foi investir em projetos de infraestrutura hídrica com o objetivo de aumentar a oferta de água em partes desta região (SOBRAL, 2011).

Toda via, mediante a necessidade hídrica do Semiárido, faz-se necessário promover o desenvolvimento e o aproveitamento de fontes alternativas de recursos hídricos, incluindo-se o reaproveitamento de água já utilizada (CASTRO, 2012). O desenvolvimento do Semiárido, exige que a questão da água seja encarada como parte de um projeto de reforma hídrica que integre o uso de todos os tipos de águas para garantir que ela supra as necessidades de todos os setores da sociedade envolvidos, quer estejam nas cidades ou na área rural (CIRILO, 2015).

Nesse sentido, um conjunto de estratégias deve ser aplicado, a fim de aprimorar o processo de gestão de recursos hídricos, dentre os quais, destacam-se: ampliação da oferta e gestão integrada dos recursos hídricos; melhoria dos serviços de saneamento ambiental; e o incentivo à participação e descentralização na gestão dos recursos hídricos, através de ações de educação ambiental. Partindo desses pressupostos, o presente trabalho teve por objetivo realizar um diagnóstico descritivo da Gestão e do Planejamento de Recursos Hídricos no Semiárido brasileiro, de forma a contribuir para a discussão e fomento de estratégias de pesquisa nesta área.

2 METODOLOGIA

Para este estudo, utilizou-se pesquisa exploratória e qualitativa do conteúdo extraído pelo pesquisador Google acadêmico. Como critérios de seleção foram incluídos todos os artigos originais publicados em língua portuguesa, indexados no período entre primeiro de janeiro de 2014 e janeiro de 2019, utilizando como filtro os termos “gestão de recursos hídricos”, “Semiárido”, “Gestão de Recursos Hídricos”, “Política Nacional de Recursos Hídricos”. Os trabalhos que contemplaram as características de seleção foram agrupados em uma pasta e posteriormente analisado, levando a uma breve discussão sobre a relação entre os instrumentos legais bem como seus pontos de fragilidade na gestão dos recursos hídricos no Semiárido.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Brasil, a gestão e planejamento dos recursos hídricos adotam as diretrizes apontadas pela Lei das Águas nº 9.433/97, que defende a conservação e o uso racional da água sob a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). A premissa desta política é a despoluição de corpos d’água, ação que depende de transporte de esgotos sanitários, desassoreamento, controle de erosão; recuperação e preservação de nascentes, prevenção de impactos das secas e enchentes que abrange ações como barragens subterrâneas, controle de cheias e recomposição da mata ciliar (BRASIL, 1997). Essa legislação determina também que a gestão dos recursos hídricos deve ser baseada em usos múltiplos e descentralizada, ou seja, deve considerar os diversos usos da água e a participação da sociedade e do governo nas tomadas de decisões acerca do recurso.

A então conhecida Lei das Águas, definiu bacia hidrográfica como unidade territorial para auxiliar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Tendo em vista, as dimensões geográficas do país, a diversidade das condições socioeconômicas, culturais e hidrográficas, assim como os diferentes

domínios constitucionais dos corpos hídricos (RHODEN et al., 2016). Desta forma, para facilitar à implantação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos foi estabelecido alguns critérios e classificações que servissem de apoio, no que tange à definição dessas unidades territoriais.

Nesse contexto, a proposta considera um diagnóstico dos aspectos hidro ambientais, socioeconômicos e político-institucionais no país, considerando como base inicial para a definição dessas unidades as doze regiões hidrográficas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos e as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos definidas no âmbito dos Estados federados (BRASIL, 1997).

A descentralização na gestão dos recursos hídricos resultou na transferência dos poderes tradicionais da União e Estados, para outros órgãos que compõem o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Neste contexto, a Política Nacional de Recursos Hídricos estabeleceu instrumentos para regulamentação do uso, controle e proteção dos recursos hídricos, a saber: enquadramento de recursos hídricos, sistema de informações sobre recursos hídricos, outorga do direito de uso dos recursos hídricos e cobrança pelo uso da água (SILVEIRA et al., 2014). Para implementação destes instrumentos foram criadas instituições: federal, estadual e municipal.

Para atender a política estadual de recursos hídricos os estados que compõem a região Semiárida dividiram seus territórios em unidades de planejamento, ressaltando-se que cada unidade pode coincidir com uma área da bacia hidrográfica, ou representar somente uma parte de uma bacia, ou ainda incluir várias bacias. De um total de 156 unidades de planejamento de recursos hídricos, até 2013, 32% possuíam Comitês de Bacia Hidrográfica e nenhuma delas possuía agência de água, com exceção do Ceará (SOBRAL et al., 2011). Os Estados possuem instrumentos de gestão, sistemas de informação e sistemas de outorga, podendo haver diferentes estágios de implantação, como é o caso do Maranhão, que está em fase bastante incipiente. Todos os estados possuem Plano Estadual de Recursos Hídricos. No entanto, nenhum deles implantou o instrumento do enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água. O Sergipe possui um estudo de classes de enquadramento, mas não foram desenvolvidos os planos e as ações necessárias para implementar o instrumento (MORAIS et al., 2018).

No que diz respeito a formação dos comitês de bacias, existem estados onde os comitês de bacias já criados não iniciaram a implementação dos comitês, ou não o fizeram de forma plena (NOBRE, 2012). Ou ainda, implantaram os comitês com distorções com relação ao que a lei preconiza, ainda, centralizando as decisões para o seu funcionamento nos governos. Isso foi observado, por exemplo, no estado da Bahia, onde o poder público não garante assento aos membros dos comitês de bacias no Conselho Estadual de Recursos Hídricos, e no estado do Ceará, onde os recursos arrecadados com a cobrança pelo uso da água são gastos sem a participação dos comitês na decisão (MORAIS et al., 2018).

O processo de planejamento de Recursos Hídricos no Semiárido está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento agrícola e industrial, tendo em vista que, a história do desenvolvimento econômico do Nordeste está associada à capacidade de suas populações conciliarem a produção econômica com os recursos hídricos existentes, adaptando as atividades e sua localização às disponibilidades (CASTRO, 2012). Uma outra questão abordada nos projetos gestores é o abastecimento dos municípios, onde muitos deles não tem acesso a água de forma regular e são dependentes da construção de obras hidráulicas (SILVEIRA et al., 2014). Mediante os cenários nada animadores, os estados da região Semiárida nos últimos anos vêm investindo no aumento de sua capacidade de armazenamento, com a construção de açudes e inserindo a suas população nas decisões envolvendo esses recursos (e.g. criação de comitês de Bacias Hidrográficas) (CASTRO, 2012).

As áreas com menor disponibilidade hídrica superficial exploram em sua maioria a água subterrânea, o que poderá exigir um direcionamento de suas atividades econômicas em busca de atividades com menores demandas hídricas (BRAGA et al., 2014). Dentre as vulnerabilidades apresentadas no Semiárido estão, questões relacionadas com a qualidade das águas, especialmente no caso de rios temporários: a eutrofização das águas de açudes e o lançamento de efluentes, industriais ou domésticos, diretamente nos corpos hídricos (OLIVEIRA et al., 2016). As capitais dos Estados e suas regiões metropolitanas são particularmente sensíveis à questão do esgotamento sanitário em parte pela concentração populacional e em parte pela ausência de infraestrutura sanitária (CASTRO, 2012). A gestão integrada de recursos hídricos nesses locais, é grande importância para a sustentabilidade ambiental. A ausência de proteção às áreas de recargas dos aquíferos nesses locais pode afetar a qualidade das águas subterrâneas que representam um recurso de excepcional valor para essas áreas (BRAGA et al., 2014).

A efetividade da gestão de Recursos Hídricos no Semiárido depende de instrumentos eficazes, velocidade de resposta, antecipação aos problemas, proatividade, incorporação de novos conhecimentos ao processo de classificação, escolhas e decisões. Se faz necessário estabelecer formas inovadoras de governança que

envolva as comunidades e, sobretudo, que as estimulem a participar do processo de tomada de decisão (SILVA et al., 2017). Faz-se necessário priorizar a gestão por bacia hidrográfica, mas por vezes atuar na micro-escala, levando em conta o conhecimento local dos problemas e dando primazia à interdisciplinaridade na análise das questões ambientais (JACOBI et al., 2015). E para que se efetive a participação popular nos Comitês de Bacias hidrográficas, é necessário e imprescindível capacitação sobre a gestão e efetivação do uso racional da água, para que as pessoas do município que irão administrar os comitês possuam o conhecimento de como solucionar os conflitos, e de motivar a população para a participação efetiva sobre a questão das águas no Brasil (SILVA et al., 2017).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é um fator essencial de desenvolvimento socioeconômico do Semiárido, havendo nesta região, elevadas restrições de disponibilidade desse recurso em detrimento do seu regime pluviométrico. Nesse contexto, a política nacional de recursos hídricos tem ampliado as ações de gestão compartilhada e descentralizada, buscando garantir o uso múltiplo das águas.

São inegáveis os avanços no gerenciamento dos recursos hídricos e na ampliação de abastecimento na zona rural, embora as articulações institucionais ainda sejam modestas na região. No entanto, verifica-se a urgência de maior integração entre as políticas de recursos hídricos, meio-ambiente e planejamento rural. Com o intuito de promover uma gestão mais efetiva. O cenário Hídrico da região ressalta a urgência de maiores investimentos em ciência, tecnologia e inovação, que propiciem a convivência adequada da população com o Semiárido. Adicionalmente, a formação de recursos humanos em gestão da água nos mais diversos níveis, terá papel fundamental para o desenvolvimento harmonioso e sustentável da região semiárida nordestina.

REFERÊNCIAS

- [1] BRAGA, R. A. P.; PAIVA, A. L.; ARAÚJO FILHO, P. F.; CABRAL, J. J.; SILVA, A.V.; GUSMÃO, P. T.; COSTA, W. D. A sustentabilidade do uso da água subterrânea frente à exploração de areias em leito de rios do semiárido brasileiro. XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2014.
- [2] BRASIL, Lei das Águas. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, 1997.
- [3] CASTRO, C. N. Gestão das águas: experiências internacional e brasileira. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2012.
- [4] NOBRE, P. As origens das águas no Nordeste: A questão da água no nordeste. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Agência Nacional de Águas. Brasília, DF: CGEE, 2012.
- [5] CIRILO, J. A. Crise hídrica: desafios e superação. Revista USP, n. 106 p. 45-58, 2015.
- [6] JACOBI, P. R.; CIBIM, J.; LEÃO, R. S. Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. Estudos Avançados, v. 29, n. 84, p. 27-42, 2015.
- [7] MORAIS, J. L. M.; FADUL, F.; CERQUEIRA, L. S. Limites e desafios na gestão de recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas: um estudo nos estados do Nordeste do Brasil. Revista Eletrônica de Administração, v. 24, n. 1, p. 238-264, 2018.
- [8] RHODEN, A. C.; FELDMANN, N. A.; MUHL, F. R.; RITTER, A. F. S. A importância da água e da gestão dos recursos hídricos. Revista de Ciências Agroveterinárias e Alimentos, n. 1, 212 p, 2016.
- [9] SILVA, B. O.; FERREIRA, J. G.; SANTOS, R. T. L. Dimensões da Governança da Água no Nordeste Brasileiro. Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS), 18 p, 2017.
- [10] SILVEIRA, S. M. B.; CORDEIRO, R. L. M.; CLEMENTE, F. S. A condução das políticas hídricas para o semiárido brasileiro: A ação do estado e as lutas sociais. Emancipação, v. 14, n. 2, p. 249-260, 2014.
- [11] SOBRAL, M. C. M. Estratégia de Gestão dos Recursos Hídricos no Semiárido Brasileiro. REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA, v. 7, n. 2, p. 76-82, 2011.

Capítulo 2

Potencial de captação e aproveitamento de água pluvial em Escolas do Semiárido Sergipano

Zacarias Caetano Vieira

Carlos Gomes da Silva Júnior

Layse Souza Sampaio

Dayana Kelly Araujo Santos

Rayana Almeida de Novais

Resumo: O crescimento populacional tem aumentado a demanda por água, levando a busca por fontes alternativas, tais como o aproveitamento de água pluvial. Essa busca torna-se inevitável em regiões semiáridas, pois estas apresentam uma distribuição irregular da pluviometria e alternância entre anos secos e chuvosos. Escolas caracterizam-se por um elevado consumo de água, justificando a possibilidade do uso de água de chuva. Diante do exposto este artigo tem como objetivo realizar a simulação da captação e aproveitamento de água pluvial em escolas localizadas no semiárido sergipano. Inicialmente escolheu-se 26 escolas de cidades localizadas na região semiárida. Em seguida calculou-se o consumo de água e estimou-se um consumo não potável. Depois, com a área do telhado e com a pluviometria média mensal, estimou-se o volume captado pela cobertura; e finalmente, analisou-se o atendimento da demanda não potável. Os resultados mostram que o consumo médio mensal não potável estimado variou de 3,43 m³ até 80,63 m³, e o volume mensal médio captável pela cobertura variou de 19,64 m³ até 145,89 m³. Das escolas analisadas 23 apresentou volume captável médio superior a demanda estimada, ou seja, 100% dos usos não potáveis podem atendidos com água de chuva; e as escolas restantes conseguem atender parcialmente esses usos. Conclui-se que a implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial em escolas, mesmo em regiões de baixo índice pluviométrico apresenta uma grande potencialidade de aproveitamento gerando ganhos financeiros (redução da conta de água) e ambientais (redução do consumo de água potável).

Palavras-chave: Consumo não potável, Instituições de ensino, Chuva.

1. INTRODUÇÃO

O semiárido caracteriza-se por apresentar uma distribuição irregular da pluviometria, tanto temporal quanto espacial e alternância entre anos secos e chuvosos, caracterizando-se por períodos de elevada escassez hídrica (SOUSA et al., 2017). Conforme esses mesmos autores, o baixo aproveitamento das águas da chuva contribui com esse cenário de insuficiência hídrica na região semiárida.

Vieira et al. (2016) relatam que os edifícios escolares apresentam características muito favoráveis a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, tais como grandes áreas de coberturas e alta demanda de água para usos não potáveis (lavagem de piso, rega de plantas, descarga de bacias sanitárias, etc).

Segundo Marinowski, (2007) escolas e universidades são exemplos de instituições que pertencem ao setor público, que se caracterizam por apresentarem altos consumos e desperdícios de água, justamente porque os usuários não são responsáveis pelo pagamento da conta de água. Fasola et al. (2011) relatam que estes jovens permanecem pelo menos um período do dia nas instituições de ensino, (matutino, vespertino ou noturno), o que enfatiza a necessidade de uma política de uso racional de água em escolas para o governo Federal, Estadual ou Municipal, o que contribuiria para construir cidadãos mais conscientes e comprometidos com a sustentabilidade.

O uso de grandes volumes de água potável para remover excretas humanas por grandes distâncias não é somente um uso pobre dos recursos hídricos, mas também é ineficiente, caro e que requer um gasto intensivo de energia (PEIXE, 2012). Deste modo Vieira et al. (2016) indicam que a implantação de sistemas de captação de água de chuva apresenta-se como uma medida mitigadora que reduz o consumo de água potável, destinando-a para usos mais nobres.

Diante do exposto este artigo tem como objetivos, realizar a simulação da captação e aproveitamento de água pluvial em escolas localizadas no semiárido sergipano, através da estimativa de uma demanda não potável, estimativa do volume captável pela cobertura e verificação do atendimento parcial ou total do uso não potável estimado.

2. METODOLOGIA

Para concretização desse trabalho realizou-se, num primeiro momento, uma pesquisa bibliográfica, buscando explicar e discutir a temática em questão através de referências teóricas publicadas em livros, periódicos, dissertações de mestrado, etc. Num segundo momento, foram coletadas informações necessárias para realização da simulação, tais como precipitação média local, consumo de água nas escolas, área de cobertura, entre outros.

Inicialmente escolheu-se 26 escolas localizadas em cidades do semiárido sergipano. Em seguida, a partir das contas de água disponibilizadas pelo site da Secretaria de Educação do Estado de Sergipe, calculou-se o consumo de água e em seguida estimou-se um consumo não potável a ser atendido com água de chuva. Calculou-se a área do telhado dessas instituições, e com base na pluviometria média mensal da microrregião, estimou-se o volume que seria captado pela cobertura se houvesse um sistema de captação; e finalmente, analisou-se a possibilidade de atendimento parcial ou total da demanda não potável com a água captada na cobertura.

3. DESENVOLVIMENTO

Área de Estudo. Para realização desse trabalho foram escolhidas 26 escolas (ver Tabela 1) inseridas no semiárido sergipano (Figura 1). Conforme relatam Santos e Sousa (2018) o semiárido nordestino possui em média cerca de 700 mm de chuva por ano, no entanto, essa média poderá variar significativamente dependendo das condições climáticas; caracterizando-se também por uma relativa baixa disponibilidade de chuvas, distribuição temporal e espacial irregular convertendo-se em um fator limitante ao desenvolvimento social e econômico da região.

Figura 1. Localização do semiárido sergipano



Fonte: Observatório do Semiárido Nordeste

Tabela 1. Escolas estaduais escolhidas

Escola	Cidade	Escola	Cidade
Milton Azevedo	Aquidabã	Alcebiádes Paes	Cumbe
Artur Fortes	Carira	Manuel Dantas	Cedro de São João
José de Carvalho Déda	Simão Dias	Gentil Tavares da Mota	Frei Paulo
Epifânio Dórea	Poço Verde	Marcolino Cruz Santos	Macambira
Presidente Castelo Branco	Tobias Barreto	Augusto Franco	Pedra Mole
General Calazans	Nossa Sra. Dores	Josué Passos	Ribeirópolis
Manoel A. do Nascimento	Graccho Cardoso	Delmiro de M. Britto	C. de São Francisco
Eronides de Carvalho	Canhoba	José A. de Rocha Lima	Gararu
Maria Montessori	Feira Nova	José Inácio de Farias	Monte Alegre
Maria G. Menezes Moura	Itabi	Cícero Bezerra	Nossa Sra. Da Glória
Joaquim de O. Campos	Amparo S. Francisco	Almirante Tamandaré	Nossa Sra. De Lourdes
José Guimarães Lima	Telha	Josefa Marques	Poço Redondo
Cel. João F. Brito	Própria	Pedro Alves de Souza	Porto da Folha

Consumo total de água nas escolas. Inicialmente foi pesquisada no site da Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe (SEED/SE) a conta de água, no ano de 2018, das escolas escolhidas. O consumo de água nesses estabelecimentos foi calculado, utilizando o valor pago em cada mês, bem como a tarifa praticada pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) que foi de R\$ 23,97 por m³ no ano em tela.

Estimativa de consumo não potável. O consumo de água para usos não potáveis nas escolas, foi estimado com base na indicação de Fasola et al. (2011) os quais indicaram para escola da rede estadual, um percentual de 72% do consumo total como sendo para os chamados usos não potáveis.

Área de cobertura. Para uma estimativa das áreas de cobertura (Tabela 2) foi utilizada a ferramenta Google Maps. Vale salientar que os valores obtidos se referem à projeção horizontal da cobertura, resultando em valores aproximados. A Figura 2 abaixo apresenta um exemplo de imagem utilizada para cálculo da área de cobertura utilizando a ferramenta citada acima.

Figura 2. Área de Cobertura da Escola Estadual Almirante Tamandaré, cidade de Nossa Senhora de Lourdes/SE.

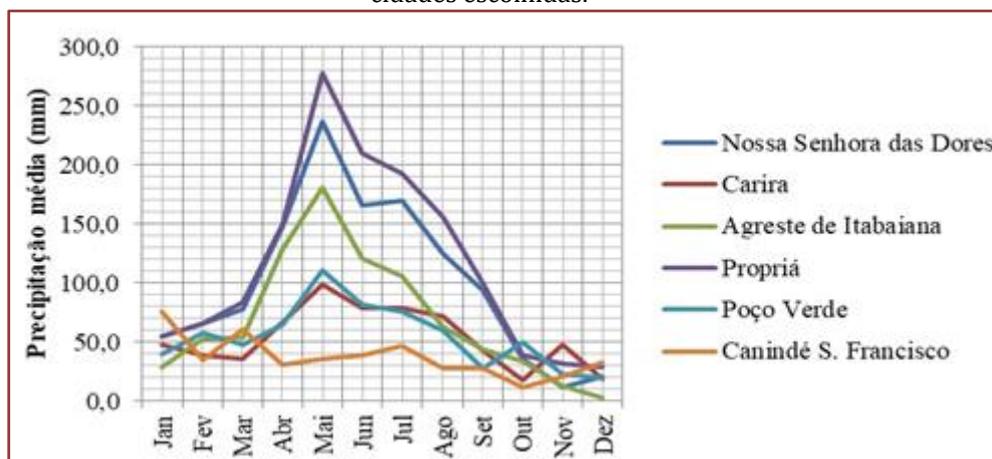


Tabela 2. Área da Cobertura das Escolas

Escola	Área de Telhado (m ²)	Escola	Área de Telhado (m ²)
Milton Azevedo	995,5	Alcebíades Paes	1.106,5
Artur Fortes	1.441,1	Manuel Dantas	1.578,3
José de Carvalho Déda	1.182,7	Gentil Tavares da Mota	1.178,3
Epifânio Dórea	1.851,3	Marcolino Cruz Santos	1.077,8
Presidente Castelo Branco	592,6	Augusto Franco	891,4
General Calazans	1.674,9	Josué Passos	599,9
Manoel A. do Nascimento	1.164,8	Delmiro de M. Britto	1.655,7
Eronides de Carvalho	373,9	José A. de Rocha Lima	1.231,9
Maria Montessori	1.764,0	José Inácio de Farias	873,2
Maria G. Menezes Moura	1.455,4	Cícero Bezerra	1.423,5
Joaquim de O. Campos	466,3	Almirante Tamandaré	1.875,4
José Guimarães Lima	587,8	Josefa Marques	875,5
Cel. João F. Brito	1616,4	Pedro Alves de Souza	665,8

Dados pluviométricos. Foram utilizados os dados de chuvas mensais do período de 2003 a 2013 disponíveis no site da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado de Sergipe - SEMARH-SE. Como não havia disponíveis os dados pluviométricos de todas as cidades escolhidas, optou-se por utilizar os dados de uma determinada cidade, e adotar essa mesma precipitação para todas as cidades inseridas na mesma microrregião. Adotou-se na simulação, a média de cada mês no período.

Gráfico 1. Precipitação média mensal no período de 2003-2013, nas microrregiões onde estão inseridas as cidades escolhidas.



Fonte: Adaptado de SEMARH (2019).

Volume de água de chuva captável. Para determinar o volume de chuva captável pela cobertura, utilizou-se a Equação 1, constante em Tomaz (2003):

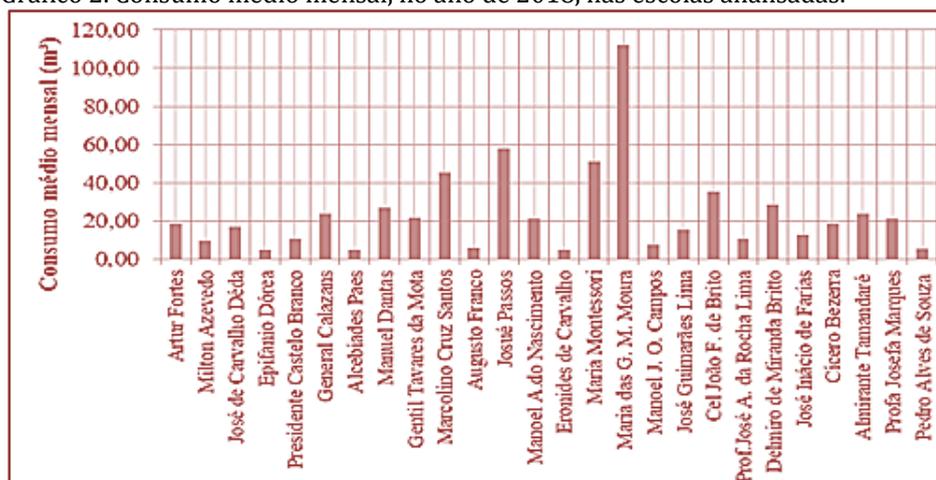
$$Q = A \times C \times P \quad (1)$$

Onde: C é o coeficiente de escoamento superficial, adotado como 0,80 (telhas cerâmicas); P é a precipitação média mensal, em cada cidade conforme o Gráfico 1; A é a área de coleta, em metros quadrados (calculado anteriormente, Tabela 2); Q é o volume mensal produzindo pela chuva, em litros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consumo de água nas escolas. Considerando a conta de água do estabelecimento e a tarifa cobrada pela concessionária local, foi calculado o consumo mensal de água. A média mensal obtida em cada escola é apresentada no Gráfico 2 abaixo.

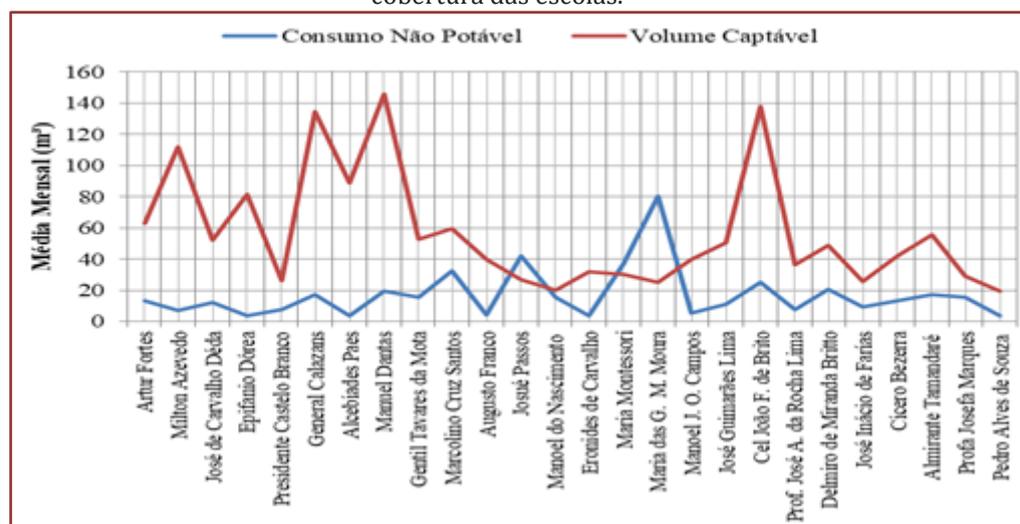
Gráfico 2. Consumo médio mensal, no ano de 2018, nas escolas analisadas.



O consumo médio mensal das escolas variou de 4,75 m³ na Escola Alcebíades Paes na cidade de Cumbe, até 111,99 m³ no Centro de Excelência Maria das Graças Menezes Moura na cidade de Itabi.

Consumo não potável e volume captável pela cobertura. Neste trabalho adotou-se como consumo não potável, ou seja, aquele que pode ser atendido com uso de água de chuva, o percentual de 72% do consumo total conforme indicação de Fasola et al. (2011). O volume de água captável pela cobertura das instituições de ensino foi determinado com base na área do telhado calculado, nos dados pluviométricos da microrregião onde está inserida a escola (conforme Gráfico 1) e considerando um coeficiente de escoamento superficial de 0,80 pois as escolas usam telhadas cerâmicas. A média mensal da demanda e do volume captável pela cobertura, são apresentados no Gráfico 3, abaixo.

Gráfico 3. Média mensal do consumo não potável estimado versus média mensal do volume captável na cobertura das escolas.



O consumo médio mensal não potável estimado variou de 3,43 m³ (Escola Alcebíades Paes) até 80,63 m³ (Centro de Excelência Maria das Graças Menezes Moura). No tocante ao volume mensal médio captável pela cobertura, este variou de 19,64 m³ (Escola Pedro Alves de Souza) até 145,89 m³ (Escola Manuel Dantas). Das 26 escolas onde foram realizadas as simulações, 23 apresentou um volume captável pela cobertura superior a demanda estimada, ou seja, 100% dos usos não potáveis conseguem ser atendidos utilizando água de chuva. As 3 escolas restantes conseguem atender parcialmente aos usos não potáveis com água pluvial, sendo o atendimento de 30,88% (Centro de Excelência Maria das Graças Menezes Moura); 63,93% (Escola Josué Passos) e 82,06% (Escola Maria Montessori) do consumo estimado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esse estudo foi possível constatar que a utilização de água da chuva é uma alternativa de suprimento altamente viável, para uso nas instituições de ensino avaliadas, visto que proporcionou a possibilidade de captação de um volume que pode atender 100% da demanda estimada em 88,5% das escolas.

A simulação realizada em escolas do semiárido sergipano indicou uma grande potencialidade no aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis, visto que essas edificações apresentam grandes áreas de telhado, necessitando que outros aspectos sejam considerados, tais como o volume e localização do reservatório, traçado das tubulações, adequação dos ambientes a essa nova instalação, etc.

Finalmente, conclui-se que a implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial em escolas, mesmo em regiões de baixo índice pluviométrico gera ganhos financeiros (redução da conta de água) e ambientais (redução do consumo de água potável).

REFERÊNCIAS

- [1] Deso – Companhia de Saneamento de Sergipe. Quadro Tarifário 2018. Disponível em: < <https://www.deso-se.com.br/v2/index.php/clientes/quadro-tarifario> > Acesso em: 20 jul. 2019.
- [2] Fasola, G. B. et al. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p.65-78, out./dez. 2011.
- [3] Marinowski, A. K. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituições de ensino: Estudo de caso em Florianópolis - SC. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. 109p.
- [4] Observatório UniFG do Semiárido Nordeste. 2019. Disponíveis em: <<http://observatorio.faculdadeguanambi.edu.br>>. Acesso em: 26 ago. 2019.
- [5] Peixe, C. R. da S. Águas pluviais para usos não potáveis em escolas municipais: estudo de caso na região da baixada de Jacarepaguá, RJ. 2012. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- [6] Santos, E. F. N.; Sousa, I. F. Análise multivariada da precipitação no estado de Sergipe através de fatores e agrupamentos. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, v. 23, n. 14, p.205-222, 2018.
- [7] Sergipe. Semarh - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado de Sergipe. Dados diários de precipitação. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br/meteorologia>>. Acesso em: 06 jul. 2019.
- [8] Sousa, A. B. de et al. A experiência das tecnologias sociais hídrica como instrumento para gerenciamento dos recursos hídricos no semiárido. In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017, Florianópolis. Anais do XXII SBRH. ABRH, 2017. Disponível em: <<http://anais.abrh.org.br/works/2414>>. Acesso em: 18 ago. 2019.
- [9] Tomaz, P. Aproveitamento de Água de Chuva. São Paulo: Navegar, 2003. 500 P.
- [10] Vieira, Z. C. et al. Simulação do uso de reservatório de água pluvial para uso não potável em escolas de Aracaju - SE. In: XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2016, Aracaju. Anais do XIII SRHN. ABRH, 2016. Disponível em: <<http://www.evolvedoc.com.br/srhne> >. Acesso em: 18 ago. 2019.

Capítulo 3

Análise da disponibilidade dos Recursos Hídricos Subterrâneos Município de Juazeiro do Norte, Ceará

Sara Karoline Ferreira

Narjara Maria Araújo Carneiro

Claudia Estefani Rodrigues Saraiva

Robert de Lima Muniz

Resumo: Devido à seca no estado do Ceará, a exploração dos recursos hídricos subterrâneos vem crescendo de forma significativa, tornando-se uma forma de abastecimento para a população. O trabalho objetiva o levantamento da situação dos poços existentes para auxiliar na gestão dos recursos hídricos do município de Juazeiro do Norte. O estudo baseou-se em dados de 339 poços retirados do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (Siagas), os quais foram tratados estatisticamente, possibilitando a contagem dos poços pelo tipo de uso, a sua situação, valores de vazão total de estabilização, sua média e a classificação das águas pelas análises de condutividade elétrica. Dessa forma, estimou-se que o município tem capacidade de aumentar em 26,45% sua oferta de água subterrânea. Além disso, 106 poços apresentaram água doce. Dentre os resultados, tem-se a produção de um mapa potenciométrico, possibilitando visualizar um provável comportamento de migração das águas subterrâneas.

Palavras-Chave: Poços, abastecimento, potenciométrico.

1. INTRODUÇÃO

O Semiárido, situado em maior parte do Nordeste brasileiro, apresenta a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos como variáveis vulneráveis e sensíveis a constantes mudanças. Desta forma, a água destaca-se como fator limitante tanto para o consumo das famílias, dos animais, assim como para produção de alimentos (BRITO et al., 2012) e uso industrial, tornando-se um importante objeto de análise.

Do ponto de vista hidrogeológico e hidroquímico, a qualidade das águas subterrâneas é tão importante quanto seus aspectos quantitativos. A disponibilidade dos recursos hídricos para determinados tipos de uso depende, fundamentalmente, da qualidade físico-química e da capacidade de exploração de poços (LIMA et al., 2013).

O município de Juazeiro do Norte apresenta índices pluviométricos com média de 979 mm/ano concentrando-se nos primeiros três meses do ano, mas sua média de evapotranspiração de 1.888,2 mm/ano demonstra um quadro de escassez anual.

Nesse cenário, torna-se necessário a exploração de recursos hídricos alternativos para suprir a demanda, logo a utilização da água subterrânea entra em foco. Sendo notória a necessidade de identificar e classificar os recursos subterrâneos, desde sua qualidade, quantidade e disposição espacial. Sendo o foco do trabalho a caracterização quantitativa das águas dos poços, diferenciação qualitativa das águas por dados de condutividade e criação de mapa potenciométrico de águas subterrâneas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para alcançar o objetivo proposto foram coletados os dados de níveis estáticos e dinâmicos, vazões específicas e estabilização, condutividade, tipos de uso, situação e suas respectivas coordenadas UTM do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (Siagas), além das cotas altimétricas obtidas por meio de imagens SRTM.

Todas as informações foram organizadas, compiladas e tratadas por meio de técnicas estatísticas, buscando a melhor caracterização do sistema aquífero local. Durante o procedimento adotou-se vazão média de 19,87 m³/h para os cálculos de disponibilidade (SRH, 1992 apud CPRM, 1998). Tal valor é admitido como referencial para os poços perfurados na Formação Mauriti que apresenta menor vazão média entre as camadas sedimentares. Atenta-se que não é possível inferir o aquífero captado, podendo ocorrer superestimação nos cálculos de disponibilidade (CPRM, 1998).

Posteriormente, pôde-se produzir um mapa potenciométrico para o município com 283 poços. Para isto, calcularam-se os valores da superfície potenciométrica, obtidas por meio da subtração da altitude pelo nível estático dos poços, que juntamente com as coordenadas geográficas dos poços, foram transferidos para o software *SURFER 13*. Utilizou-se como método de interpolação a Krigagem, que consiste em um modelo matemático para locação de linhas de isovalores (CAMPONOGARA et al., 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o levantamento de dados feito pelo Siagas, o município de Juazeiro do Norte apresenta o registro de 339 poços tubulares, dos quais 189 estão em uso, 101 são passíveis de entrar em funcionamento (cujo 17 apresentam-se desativados, 33 não estão instalados, dois estão parados e 49 se mostram abandonados), todavia em 48 a classificação não foi fornecida e um está seco. Além desta classificação, os poços também foram distribuídos conforme seu tipo de uso, assim: 30,67% (104 poços) possuem uso múltiplo, os de abastecimento doméstico, urbano e industrial correspondem à, respectivamente, 28,90% (98 poços), 17,70% (60 poços) e 2,94% (10 poços), 0,30% (um poço) para irrigação e 19,49% (66 poços) são classificados com outros tipos de uso.

Já no tocante à produção, referente à quantidade de água que pode ser explorada em um período de tempo, chamada de vazão, os valores que são informados pelos dados do Siagas, consoantes ao uso estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de vazão dos poços relacionados ao uso. (Fonte: Autores)

	MÚLTIPLO	DOMÉSTICO	URBANO	INDUSTRIAL	OUTROS
Variação de vazão (m ³ /h)	0,4 a 65	0,1 a 45	2,28 a 236	1 a 16	0,31 a 133
Vazão total (m ³ /h)	1160,93	778,76	3776,37	84,6	102,4

Também demonstram uma elevada vocação aquífera para profundidade, níveis estáticos e dinâmicos, em que a capacidade específica e o rebaixamento são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Dados dos poços tubulares de Juazeiro do Norte. (Fonte: Autores)

	MÉDIA	MODA	MEDIANA	VARIÂNCIA	DESVIO-PADRÃO
Profundidade (m)	92,6	60	81	2.144,03	46,23
Condutividade (μS/cm)	355,55	200	215,65	296.161,64	542,01
Nível Estático (m)	25,71	13	23	280,13	16,67
Nível Dinâmico (m)	42,88	36	39,7	343,12	18,35
Cap. Específica [(m ³ /h)/m]	2,81	1	1,875	10,65	3,25
Rebaixamento (m)	14,34	10	12	171,05	13,06

O nível estático oscila de 0,5 a 84,5 m, com média de 25,7 m, e refletem um posicionamento tanto subflorante, quanto profundo. Já o nível dinâmico apresenta uma média de 42,87 m. A partir desses valores, calculou-se a medida de rebaixamento, que resultou em uma média de 14,34 m e um desvio padrão de 13 m.

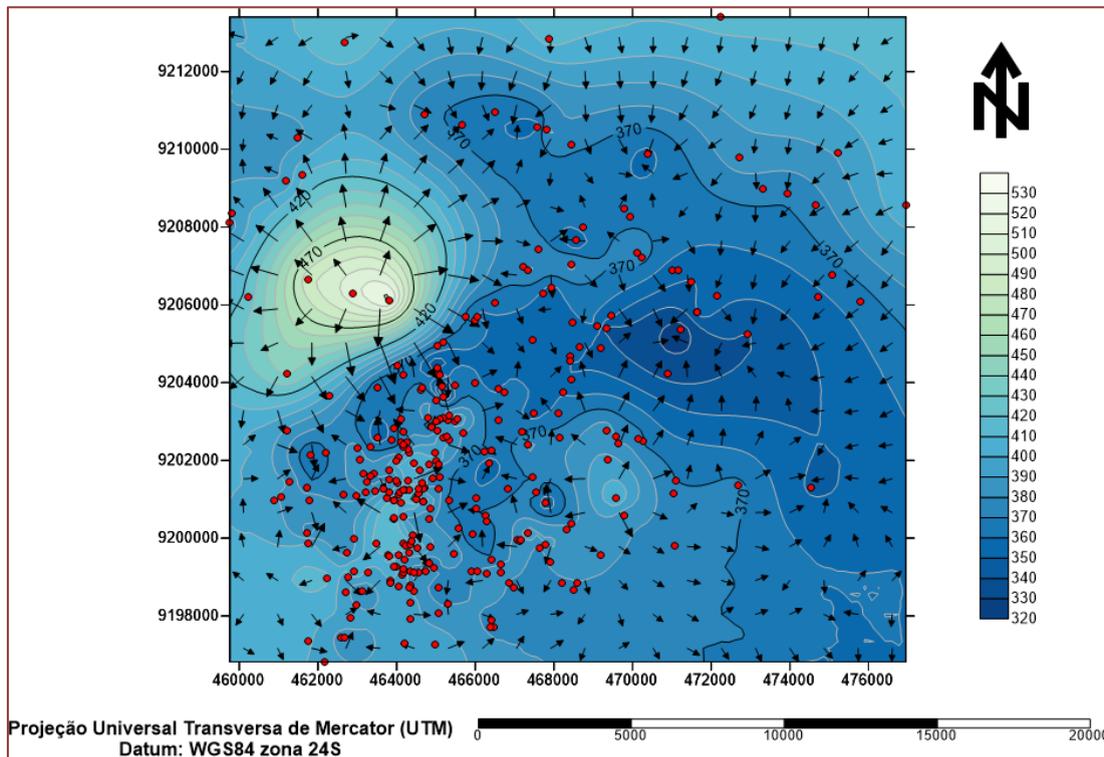
A profundidade média dos poços em Juazeiro do Norte é de 92,59 m, refletindo a Bacia Hidrográfica do Salgado, 237 poços estão compreendidos de 16 a 100 m; 82 acima de 100 m e 7 acima de 200 m, sendo considerados profundos em sua maioria, 13 poços não possuem informações.

A capacidade específica pode ser definida como uma medida de eficiência da obra de captação, que condiz com as características hidrogeológicas locais, do projeto técnico construtivo do poço, das características do equipamento de teste e do tempo empregado no mesmo, sendo obtida da divisão de vazão pelo rebaixamento (CAVALCANTE, 1998). O valor médio obtido foi de 2,81 [(m³/h)/m], com variação de 0,021 a 20,69 [(m³/h)/m].

De acordo com a quantidade dos sólidos dissolvidos, a água pode ser classificada em doce, salobra e salgada (McNeelly et al., 1979). Visto isso, segundo a portaria N° 518-2004 do Ministério da Saúde, a quantidade de STD limite para consumo humano é de 1000 mg/l, que equivale a aproximadamente 1.500 μS/cm. Nesse contexto, verificou-se ainda que 106 poços possuem água com condutividade elétrica inferior a 500 μS/cm a 25°C; águas de 12 poços corresponderam ao intervalo entre 500 a 1.000 μS/cm; enquanto 6 poços apresentaram condutividade superior a 1.000 μS/cm a 25°C; 215 poços não apresentaram informação.

Dentre os resultados obtidos, tem-se a elaboração do mapa potenciométrico do município em análise. Neste é possível visualizar os locais mais favoráveis à captação de água subterrânea, além de suas direções e sentido de fluxo, o que possibilita visualizar um provável comportamento de migração desta água. Nota-se no mapa que a maioria das setas converge para região centro-leste do município, indicando ser a principal direção de fluxo da água subterrânea.

Figura 01. Fluxo hídrico subterrâneo do município de Juazeiro do Norte, mostrando os poços em vermelho.



4.CONCLUSÕES

Dos poços com informações coletadas, pode-se inferir uma produção de 5.903,06 m³/h para todo o município. Se os poços desativados e não instalados fossem recuperados estima-se um aumento de 26,45% (993,50 m³/h) da oferta de água subterrânea. Do ponto de vista qualitativo, pelos dados de condutividade se estipulou os valores de STD, possibilitando a classificação das águas. Assim, a grande maioria, 106 poços apresentam água do tipo doce, enquanto 12 do tipo salobra e apenas seis podem ser considerados como água salgada. Conclui-se também que o sentido preferencial do fluxo converge para a região centro-leste do município

Em relação à potencialidade hídrica, deve-se atentar à região centro-leste do município, pois pelo maior fluxo de água subterrânea, tem grande potencial para a construção de novos poços para abastecimento, porém pode conter maior risco de contaminação antrópica.

REFERÊNCIAS

- [1] Brito, Luiza T. DE L. et al. Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano. Journal of The Brazilian Association of Agricultural Engineering, v. 32, p.102-109, 2012.
- [2] Cavalcante, I. N. Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada de recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. Tese de Doutorado. São Paulo: USP, Instituto de Geociências, 1998. 156 p.
- [3] Feitosa, F. A. C; Benvenuti, S. M. P. Diagnóstico do Município de Juazeiro do Norte. CPRM, Fortaleza, 1998, 14p.
- [4] Lima, José O. G. de; França, Antonia Mayza M.; Loiola, helena G. Implicações Hidroquímicas da Condutividade Elétrica e do Íon Cloreto na Qualidade das Águas Subterrâneas do Semiárido Cearense. Revista Virtual de Química, v. 6, p.279-292, 2013.
- [5] Mcneely RN; Neimanis VP; Dwyer L. Water Quality Sourcebook: A Guide to Water Quality Parameters. Ottawa, Environment Canada, 1979. 89 p.

Capítulo 4

Monitoramento microbiológico da água do Açude Eurípedes, Quixadá-CE

Beatriz Lopes e Figueredo

Mayhara Martins Cordeiro Barbosa

Resumo: A garantia de água para o consumo humano que atenda aos padrões de potabilidade é questão relevante para a saúde pública. A contaminação microbiológica das águas naturais representa um dos principais riscos à saúde pública, devido ao seu potencial patogênico; neste sentido, o monitoramento da qualidade microbiológica da água destinada ao consumo humano, por meio de pesquisa de agentes contaminantes, principalmente os microrganismos de origem entérica, representa uma possibilidade de diminuição de inúmeros surtos de doenças. Desta forma, o trabalho deteve-se em avaliar a qualidade microbiológica de amostras de água do Açude Eurípedes, no município de Quixadá-CE. Foram realizadas coletas no período de outubro de 2014 a maio de 2015 para determinação de coliformes termotolerantes em quatro pontos distintos. Os resultados foram positivos para a presença de coliformes termotolerantes, indicando sérios riscos à saúde da população, uma vez que indica a possibilidade de ocorrência de vários microrganismos potencialmente patogênicos entéricos.

Palavras-Chave: Coliformes termotolerantes. Potabilidade. Recurso hídrico.

1. INTRODUÇÃO

A água existe como um dos mais importantes recursos naturais disponíveis à sociedade, sendo indispensável à sobrevivência e constitui uma das maiores preocupações mundiais no que se refere aos seus usos imprescindíveis e à sua manutenção como um bem de todos, em quantidade e qualidade adequadas. São muitos os esforços para armazenar e diminuir seu consumo; no entanto, a água potável está se tornando um bem escasso e sua qualidade se degradando em um processo acelerado (FRANCO *et al.*, 2007).

A qualidade das águas superficiais de consumo humano está relacionada diretamente ao tipo de uso e ocupação do solo, à transformação de ecossistemas naturais equilibrados em áreas de lavouras, ao uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes e a falta de tratamento dos dejetos animais e humanos. Além disso, a consciência ambiental da população e o nível de coleta e tratamento de esgotos são fatores que também influenciam nas características das águas superficiais (ALMEIDA *et al.*, 2001).

É necessário que a água distribuída para consumo humano seja potável, estando livre de qualquer contaminação, seja esta de origem microbiológica, química, física ou radioativa; esta qualidade garante a inexistência de riscos a saúde humana (BRASIL, 2004).

As características físicas, químicas como as biológicas da água podem ser alteradas. Na maioria dos casos essa alteração é causada pela poluição, que pode ter diversas origens. Alterações no sistema aquático resultam em prejuízos econômicos para a região, que vão desde a redução da captura da pesca até o aumento do custo de aquisição e tratamento da água (TOLEDO, 2006).

A contaminação microbiológica das águas naturais representa um dos principais riscos à saúde pública, devido ao seu potencial patogênico, sendo amplamente conhecida a estreita relação entre a qualidade de água e inúmeras enfermidades que acometem as populações, especialmente aquelas não atendidas por serviços de saneamento, o que torna primordial a avaliação de sua qualidade microbiológica (COSTA *et al.*, 2009).

No Brasil, as péssimas condições sanitárias verificadas em muitas das bacias hidrográficas densamente e desordenadamente ocupadas, resultam na degradação generalizada dos elementos naturais e, obviamente, da qualidade dos recursos hídricos. É realidade comum o lançamento de esgotos sanitários não tratados, a disposição inadequada de resíduos sólidos nas mediações de cursos d'água ou em locais sem infraestrutura adequada, loteamentos clandestinos e outras (LIBÂNIO *et al.*, 2005).

Na água, é condicionalmente comum a presença de bactérias do gênero *Enterobacteriaceae* (coliformes), que podem ser responsáveis por uma variedade de doenças, principalmente infecções intestinais (TORTORA, 2000). Os Coliformes Totais e Termotolerantes são os indicadores de contaminação mais usados para monitorar a qualidade sanitária da água (BETTEGA *et al.*, 2006).

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, os coliformes termotolerantes são bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44^o - 45^oC, com produção de ácido, gás e aldeído. Segundo BRANCO (1986), o grupo de bactérias coliformes é encontrado no intestino de animais homeotérmicos, onde vivem saprofiticamente, não causando em geral, nenhum dano ao hospedeiro.

Além de estarem presentes nesses animais e em fezes humanas, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal (BRASIL, 2005). Cada ser humano descarta de 100 a 400 bilhões de organismos coliformes por dia, além de outras bactérias. Tais organismos nem sempre são patogênicos, mais indicam uma possível contaminação e a potencialidade de transmissão de doenças.

Nesse sentido, o monitoramento da qualidade microbiológica da água destinada ao consumo humano, por meio de pesquisa de agentes contaminantes, principalmente os microrganismos de origem entérica, representa uma possibilidade da diminuição de inúmeros surtos de doenças (GIOMBELLI, 1998).

Nesse contexto, enquadra-se esse estudo realizado no Açude Eurípedes localizado em Quixadá-CE, que exerce importante papel na manutenção de microclima e na valorização da paisagem urbana (REVISTA CENTRAL, 2013). No entanto, vem sofrendo com o excessivo processo de urbanização e de eutrofização devido ao lançamento de efluentes, resultando assim, na perda do aspecto estético dessa paisagem.

Diante disso, esse trabalho objetivou a avaliação da qualidade microbiológica de amostras da água do Açude Eurípedes abordando as consequências relacionadas à saúde pública.

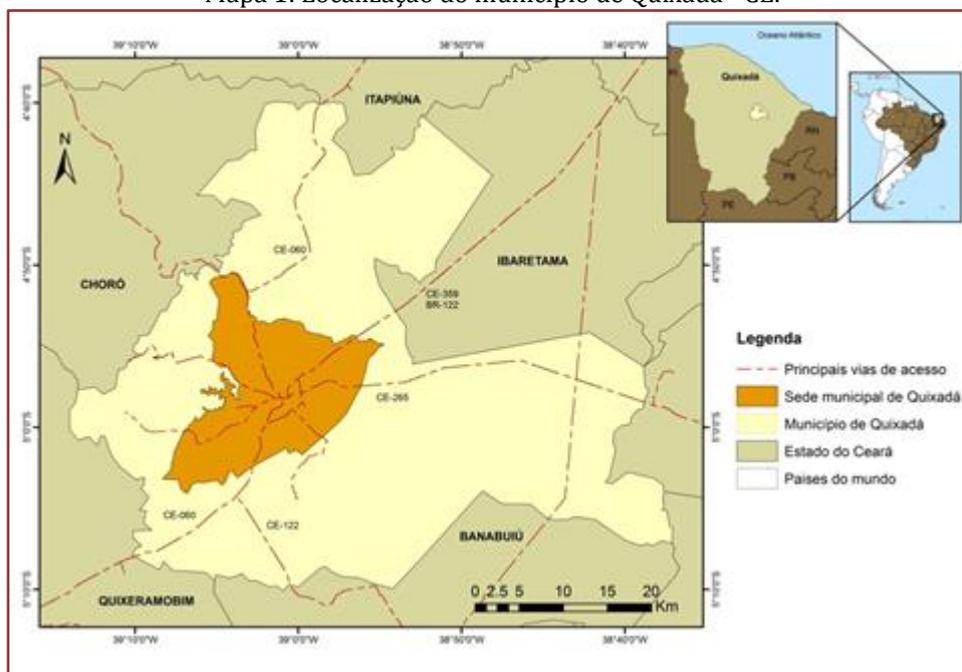
2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Quixadá é o maior da região do Sertão Central Cearense, com uma população estimada para 2015 de 85.351 habitantes. Possui uma área de 2.019,833 km², que corresponde a 1,36% do território do estado e uma densidade demográfica de 39,91 hab/km² (IBGE, 2010).

Pertence a Mesorregião dos Sertões Cearenses e à microrregião do Sertão de Quixeramobim, localizado a 169 km da capital do estado, limitando-se ao Norte com os municípios: Ibaretama Itapiúna e Choró; Sul: Quixeramobim e Banabuiú, leste: Banabuiú, Morada Nova, Ibicuitinga e Ibaretama, e a Oeste: Choro e Quixeramobim (MAPA 1). O principal acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito através da rodovia BR-116 (IPECE, 2014).

Mapa 1: Localização do município de Quixadá - CE.

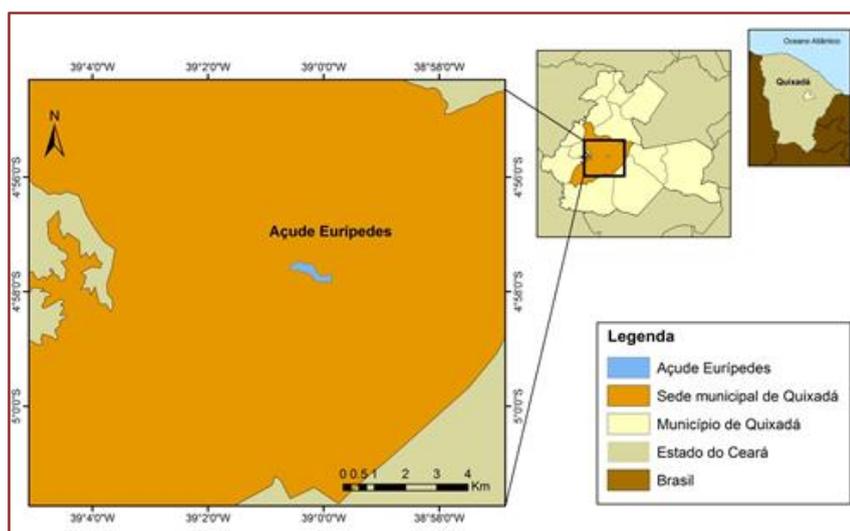


Fonte: Autora, 2015.

O presente estudo foi desenvolvido no Açude Eurípedes (MAPA 2), localizado no bairro Campo Velho. Esta área apresenta uma considerada concentração populacional, de acordo com a Secretaria de Saúde do Município, cerca de 3.020 pessoas residem no local. O bairro desenvolveu-se no entorno do referido açude e já foi considerado um dos principais pontos turísticos da cidade, de importância hídrica, visto seu papel relevante na manutenção de microclima e na valorização da paisagem urbana.

Apesar do seu valor, tem sofrido com a poluição oriunda de um processo de urbanização acelerado levando a deterioração da qualidade de suas águas. A área registra uma ocupação indevida que compromete as margens alagáveis do açude, acarretando na perda do aspecto estético dessa paisagem. O processo de degradação das águas acontece possivelmente pelo despejo de esgotos domésticos, como também do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto da cidade, que possui um sistema de lagoas de estabilização monitorado pela Companhia de Águas e Esgoto do Ceará (CAGECE). É possível verificar também a presença de criações de animais em suas margens e a realização da pesca de subsistência realizada diariamente pela população.

Mapa 2: Localização do Açude Eurípedes no município de Quixadá - CE.



Fonte: Autora, 2015.

2.2. MÉTODOS ADOTADOS

Para o monitoramento da qualidade da água do Açude Eurípedes quatro pontos distintos foram especificados para análises: Ponto 1 (P1) - próximo à entrada de esgoto doméstico e da ETE e Ponto 2 (P2) - área de pesca e banho (FIGURA 1); Ponto 3 (P3) - margem próxima à área de lazer e restaurantes e Ponto 4 (P4) - próximo a oficinas e montadoras de carroceria (FIGURA 2).

Figura 1. P1 - próximo à entrada de esgoto doméstico e da ETE e P2 - área de pesca e banho.



Fonte: Autora, 2015.

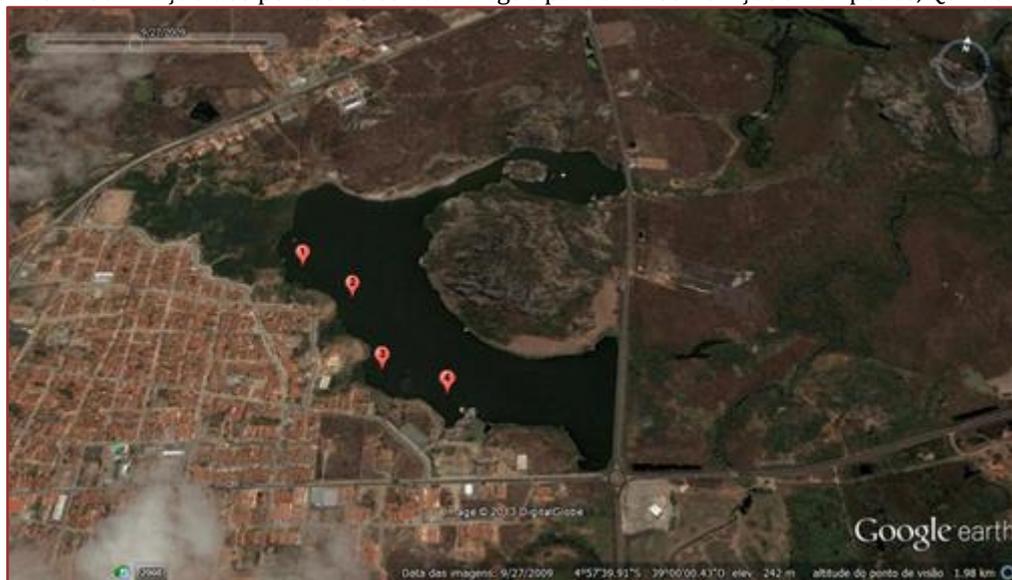
Figura 2. P3- margem próxima à área de lazer e restaurantes e P4 - próximo a oficinas e montadoras de carrocerias.



Fonte: Autora, 2015.

Os pontos de coletas (FIGURA 3) foram escolhidos devido aos alguns fatores: proximidade com as moradias que utilizam o corpo aquático; proximidade com a entrada de efluentes de diversas atividades realizadas pelos seres humanos, como esgotos domésticos e de criação animal; áreas mais utilizadas para pesca e lazer e áreas de contato primário e secundário pela população.

Figura 3. Localização dos pontos de coleta de água para análise no Açude Eurípedes, Quixadá.



Fonte: Google Earth, 2014.

A fim de se realizar a determinação de coliformes termotolerantes, realizou-se quatro coletas no período de setembro de 2014 a maio de 2015. As amostras foram coletadas em frasco estéril e analisadas de acordo com APHA *et al.*, (2005), no laboratório de Microbiologia do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia- Campus Quixadá.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados das análises para coliformes termotolerantes (CTT) no período monitorado podem ser observados na Tabela 1. Observou-se entre os resultados encontrados nas quatro coletas e em todos os pontos estudados o valor máximo de $9,2 \times 10^3$ NMP/100mL no ponto 2 da coleta realizada no mês de outubro de 2014. De forma geral, foi possível observar para todos os pontos de coleta, resultados positivos para coliformes termotolerantes, demonstrado que a área em estudo recebe um aporte orgânico com certa regularidade.

Tabela 1. Número mais provável de Coliformes Termotolerantes em 100mL das amostras das coletas realizadas no período de outubro de 2014 a maio de 2015.

Pontos	Coleta	Coleta	Coleta	Coleta
	16/10/2014	15/01/2015	09/03/2015	22/05/2015
	NMP/100mL	NMP/100mL	NMP/100mL	NMP/100mL
P1	$3,3 \times 10^2$	4×10	$4,6 \times 10^2$	7×10^2
P2	$9,2 \times 10^3$	$1,1 \times 10^2$	$3,3 \times 10^2$	$1,7 \times 10^3$
P3	$7,9 \times 10^2$	2×10	$4,9 \times 10^2$	$3,5 \times 10^3$
P4	$7,9 \times 10^2$	$6,8 \times 10$	$3,3 \times 10^2$	$4,9 \times 10^2$

Fonte: Autora, 2015.

A primeira coleta apresentou maiores concentrações de CTT em relação à segunda coleta. Esses valores, de acordo com FRANCO *et al.*, (2007), ocorrem devido à coleta ter sido realizada na estação seca, quando o

manancial sofre influência da redução do volume de água pela evaporação e o despejo de esgoto contendo compostos orgânicos biodegradáveis, nutrientes e, principalmente, bactérias.

Durante as observações em campo e nos dias de amostragem, foi possível observar que a população utiliza a água do Açude Eurípedes para diversos fins, principalmente para pesca, banho (FIGURA 4), criação de animais às margens do açude (FIGURA 5), como também para o lançamento de esgotos irregulares e destinação de resíduos sólidos (FIGURA 6).

Figura 4: Prática de banho (A) e realização de pesca no Açude Eurípedes (B).



Fonte: Autora 2015.

Figura 5: Criação de animais às margens do Açude Eurípedes.



Fonte: Autora 2015.

Figura 6: Disposição inadequada dos resíduos sólidos (A) e lançamento de esgotos irregulares próximo ao Açude Eurípedes (B).



Fonte: Autora 2015.

O ponto 2 apresentou maior concentração de CTT nas duas primeiras coletas realizadas, com valores de $9,2 \times 10^3$ NMP/100mL e $1,1 \times 10^2$ NMP/100mL respectivamente. Esses resultados fundamentam a preocupação com a saúde da população, visto que é uma área de prática de pesca e banho e os resultados apontaram maior contaminação microbiológica no local. Devido ao potencial patogênico e a exposição da população a água contaminada, pode-se estabelecer relação direta entre as enfermidades que acometem a população do local e a qualidade de água.

Os pontos 3 e 4 apresentaram valores positivos para coliformes termotolerantes. Estes podem está associados à existência de estabelecimentos comerciais às margens do Açude Eurípedes e ao despejo de esgotos irregulares comprometendo a qualidade da água do recurso hídrico que se apresenta inapropriada para consumo humano.

Diante da realidade exposta, o serviço de saneamento básico é uma questão de prioridade máxima, não apenas para preservar a qualidade do recurso hídrico, mas também devido à sua relevância no âmbito da saúde e preservação do potencial produtivo da população do local (BRUNONI, 2002).

Apesar do ponto 1 ser a área de recepção do efluente da ETE da cidade como também de um número mais evidente de ligações clandestinas de esgoto, os valores encontrados apresentaram menor concentração quando comparados aos demais pontos avaliados. Esses resultados podem estar relacionados ao isolamento dessa margem existente no local e a presença de plantas aquáticas que auxiliam no processo de remoção de microrganismos da água (SEVERINO E BENTO, 2013).

Na terceira análise, realizada nas amostras de água do Açude Eurípedes em março de 2015, foram obtidos resultados positivos para todos os pontos. Esse fato pode estar associado à progressiva e desordenada urbanização do local, resultando na ocupação de áreas inadequadas para moradia, sem infraestrutura mínima e saneamento básico necessário. Consequentemente, todos esses fatores contribuem de formas variadas para a degradação da qualidade da água do açude em questão, o que pode acarretar em índices de doenças elevados. Assim, as condições gerais de saneamento observadas, constataadamente deficientes, são claramente refletidas nos valores positivos para coliformes termotolerantes.

Na quarta coleta, realizada em maio de 2015, o maior valor encontrado para coliformes termotolerantes foi o ponto 3 (TABELA 4). Este resultado pode está relacionado ao fato de se ter nessa época de amostragem um índice pluviométrico mais elevado, onde os microrganismos presentes no entorno dos mananciais podem ter sido carreados, ocorrendo, possivelmente, uma contaminação de forma mais intensa. No estudo realizada por NOGUEIRA *et al.*, (2003) resultados semelhantes foram obtidos ao analisarem água da zona urbana e rural da cidade de Maringá, PR, observando aumento na taxa de coliformes durante o período de verão, acompanhado pelo aumento no índice pluviométrico. Estes dados sugerem associação entre o aumento de contaminação à incidência de chuva, bem como variação na temperatura da água.

De acordo com a resolução CONAMA nº 274, de 2000, as águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade estão avaliadas nas categorias própria e imprópria. Dessa forma, os valores observados para os pontos 1, 3 e 4 ultrapassaram o limite indicado pela resolução, sendo considerada a água imprópria para recreação de contato primário.

No entanto, para esta coleta, somente o ponto 4 não apresentou valor superior ao indicado pela World Health Organization - (WHO, 2003). Esta considera que águas de contato primário apresentam a população risco de dez por cento de contrair doenças gastrointeríticas em uma única exposição se incidirem valores superiores a 500 CF/100ml de água.

Os valores positivos encontrados nas quatro coletas para coliformes termotolerantes estão ligados ao aumento da matéria orgânica, fonte de coliformes na água, bem como nutrientes para os microrganismos (BUZANELLO *et al.*, 2008). Esses dados chamam a atenção para a possibilidade de propagação de inúmeros patógenos entre a população que reside às margens do Açude Eurípedes ou até mesmos aqueles que frequentam a região e venham usufruir desta água. Mesmo que a população tenha água potável em suas residências, a realização de atividades e a manipulação da água do Açude Eurípedes pode significar importante fator de risco para a transmissão de doenças para a comunidade local.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo investigou a qualidade da água do Açude Eurípedes, em quatro pontos no período de outubro de 2014 a maio de 2015. Ao analisar as informações obtidas, foi possível constatar que o Açude apresentou resultados positivos para coliformes termotolerantes, demonstrando riscos à saúde da população uma vez que indica a possibilidade de ocorrência de vários microrganismos potencialmente patogênicos entéricos.

A partir das visitas *in situ*, foram encontradas diversas fontes poluidoras próximas ao Açude, como esgotos a céu aberto, criação de animais, uso da terra para plantação e disposição de resíduos, estas são fatores que podem comprometer a qualidade da água desse recurso hídrico. No que diz respeito aos esgotos, a carência de redes coletoras para tratamento e disposição adequada e a baixa conscientização da população em relação à conservação dos corpos hídricos impactam os corpos aquáticos, principalmente em áreas urbanas, como é o caso do bairro Campo Velho.

Além da preocupação com a poluição e qualidade do Açude Eurípedes, outro fator que merece atenção são os efeitos que o esgoto e outras substâncias liberadas no ambiente podem trazer à saúde da população que utiliza esse recurso. A contaminação da água representa um elevado risco à saúde pública, pautada na estreita relação entre as inúmeras enfermidades que acometem as populações e a sua qualidade. Isso pode ser corroborado a partir das observações realizadas nas visitas a área de estudo, onde muitas pessoas utilizando a água diretamente para realização de atividades diárias sem qualquer tipo de tratamento e estão suscetíveis a diversos tipos de doenças.

Essa realidade demonstra a importância e urgência de se implantar um eficiente sistema de saneamento básico para toda a população, sendo relevante, portanto, a realização do monitoramento constante da água deste reservatório, como também a investigação mais minuciosa da origem da contaminação dessas águas para que sejam tomadas as providências imediatas de caráter corretivo e preventivo com objetivo de evitar doenças e epidemias que tem um grande custo social e econômico, como também a preservação das águas do Açude e de suas áreas alagáveis.

Desse modo, é evidente a necessidade pela busca de práticas de intervenção para a área de estudo, como também a formulação de políticas públicas para a construção de um ambiente urbano equilibrado, justo e preservado.

REFERÊNCIAS

- [1] Apha. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21^a ed. Washington, American Public Health Association./AWWA/WEF. 2005.
- [2] Bertrand,C.; Franquet, E.; Chomératet, N. & Cazaubon, A. An approach to the Intermediate Disturbance Hypothesis at the landscape scale: the effects of hydrodynamic disturbance on phytoplankton communities. *Archive fur Hydrobiologie*, v.161(3), p.351-369, 2004.
- [3] Bettega, J.M.P.R.; MACHADO, M.R.; Presibella, M.; Baniski, G.; Barbosa, C.A. Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. *Ciencia e Agrotecnologia*, v.30, n.5, p. 950-954, 2006. BIER, O. Bactérias intestinais. *Microbiologia e imunologia*. 24.ed. São Paulo: Melhoramentos. cap.32, p.609-664, 1985.
- [4] Bicudo, C. E. M. ; Menezes, M. Gênero de Algas de Águas Continentais do Brasil chave de identificação e descrições. São Paulo. Rima, 2006.
- [5] Branco, S. M. Hidrologia Aplicada à engenharia sanitária. 3ed. São Paulo: CETESB/AsCETESB, 1986. 640p.
- [6] Brasil. Conama. Resolução 357, de 17 de março de 2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> >. Acesso em: 08/07/2015.
- [7] Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Legislação em vigilância sanitária. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água. Acesso em: 11 fevereiro 2015.
- [8] Brunoni, N. A tutela das águas pelo Município. In: Freitas,V.P. (org.).Águas: aspectos jurídicos e ambientais. Curitiba: Juruá,2002.p.90-145.
- [9] Buzanelli, Elizandra B., Martinhago, MakellyWickert, Almeida, Milene M., Pinto, Fabiana G. S.: Determinação de Coliformes Totais e Termo tolerantes na Água do Lago Municipal de Cascavel, Paraná. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 6, supl. 1, p. 59-60, set. 2008.

- [10] Chorus, I.; Bartram, J. Toxic Cyanobacteria in Water – A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management. E & FN Spon: London and New York, 1999.
- [11] CODD, G. A. Cyanobacterial toxins, the perception of water quality, and the prioritation of eutrophication control. *Ecological Engineering*, v. 16, p.51-60, 2000.
- [12] Costa, L.; Sousa, M. V.; Dellamatrice, P. M. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, 4.,2009,Belém.Anais...Belém: CONNEPI, 2009. Disponível em: <http://connepi2009.ifpa.edu.br/connepi-anais/artigos/47_2587_712.pdf>. Acesso em: 08/02/2015.
- [13] Costa, I. A. S., Azevedo, S. M. F. O., Senna, P. A. C.1, Bernardo, R. R., Costa, S. M. & Chellappa, N. T. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a brazilian semiarid reservoir. *Braz. J. Biol.*, v. 66, n. 1B, p. 211-219, 2006.
- [14] Franco, R. A. M.; Hernandez, F. B. T.; Vanzela, L. S. “Utilização dos parâmetros coliformes totais e fecais e oxigênio dissolvido na avaliação da qualidade de água para irrigação XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 12 na microbacia do córrego três barras, Marinópolis, SP”. In anais do XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Bonito - MS, 30-7 a 2-8-2007.
- [15] Giombelli A, Rech H, Torres VS. Qualidade microbiológica da água proveniente de poços e fontes de dois municípios da Região do Alto Uruguai Catarinense. *Hig Aliment*. 1998; 12(56): 49-51.
- [16] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/quixada>>. Acesso em: 20 abr. 2018.
- [17] IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Básico Municipal 2014 Quixadá. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/>. Acesso em 13 maio. 2016.
- [18] Nogueira, G.; Nakamura, C.V.; Tognim, M.C.B.; Abreu Filho, B.A.; Dias Filho, B.P. Microbiological quality of drinking water of urban and rural communities, Brazil. *Revista de Saúde Pública*, v.37, p.2, p.232-236, 2003.
- [19] Severino, P.H.; Bento, A.P. Lagoas de estabilização material de apoio. 2013. Disponível em: <<http://www.cesnors.ufsm.br/professores/pablo/lagoas%20de%20estabilizacao%20Material%20de%20Apoio.pdf>> Acesso em: janeiro de 2015.
- [20] Tortora, G. J.; Funke, B. R.; Case, C. L. *Microbiologia*. 6. Ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 729p.
- [21] Toledo, L. G.; Nicolella, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agrícola*, v. 59, n. 1, 2006.
- [22] World Health Organization – Guidelines for safe recreational environments. Volume 1, Coastal and Fresh Waters, World Health Organization, 2003.

Capítulo 5

Redução de salinidade em águas através de Argilomineral Modificado

Paulo Henrique Almeida da Hora

Reynaldo Borges Galvão Serra

Antônio Cicero de Sousa

Gesivaldo Jesus Alves de Figueirêdo

Resumo: As disponibilidades hídricas, em seu estado in natura, possuem peculiaridades que a nível regional não viabilizam seu uso imediato pela população. Entre os mais notórios problemas referentes aos recursos hídricos presentes na região nordeste está a salinidade da água para consumo da população, visto que tal fato acaba por gerar a longo prazo quadros de hipertensão e males no sistema endócrino a médio e longo prazo em uma prole inteira. Neste estudo é desenvolvido e aplicado um material adsorvente com aptidão na redução de parâmetros de salinidade em meio aquoso. O material adsorvente empregado foi obtido a partir do argilomineral vermiculita. Para avaliar a capacidade do material na diminuição da salinidade de águas, foi escolhido como parâmetro indicador a medida de íons cloreto. Os dados obtidos nos ensaios por meio desse estudo mostram que o material adsorvente elaborado apresenta grande potencial para a remoção de salinidade em águas. Entretanto, o processo se mostrou reversível se executado em grandes intervalos de tempo.

1. INTRODUÇÃO

As disponibilidades hídricas, em seu estado in natura, apresentam particularidades que a nível regional não possibilitam seu uso imediato pela população. Sua grande variabilidade, quantitativa e qualitativa, faz com que seja necessário o desenvolvimento de métodos para transformação desses recursos, de modo a satisfazerem parâmetros aceitáveis de consumo, sem que tragam efeitos nocivos à saúde do consumidor (SANTOS, 1997). Situação ainda mais agravada em determinados casos, como, por exemplo, o Nordeste brasileiro, que possui recursos de água distribuídos de forma irregular, devido a fatores meteorológicos e geomorfológicos desfavoráveis, havendo necessidades ainda mais urgentes de medidas especiais para otimizar uso de seus poucos recursos, principalmente hídricos, para melhoria da vida da população nativa (SANTOS et al., 2000). Dentre os principais problemas relativos aos recursos hídricos nordestinos está a salinidade da água para consumo humano, visto que tal ocorrência acaba por gerar a longo prazo quadros de hipertensão e problemas no sistema endócrino a médio e longo prazo em uma geração inteira. Para tanto, faz-se necessário o desenvolvimento de materiais de baixo custo que possam viabilizar a redução de tal ocorrência, garantindo a água para consumo que não possa gerar danos futuros à saúde. Neste trabalho é desenvolvido e aplicado um material adsorvente com capacidade de redução de parâmetros de salinidade em meio aquoso.

2. METODOLOGIA

O material adsorvente empregado foi obtido a partir do argilomineral vermiculita. As amostras de vermiculita foram doadas pela Mineração Pedra Lavrada LTDA situada no município de Santa Luzia-PB. O material adsorvente sintetizado foi submetido ao processo de cominuição mecânica e as partículas foram classificadas em escala mesh através de peneiras tipo Tyler em 100 e 200 mesh. Em seguida, foram submetidas ao processo de expansão térmica a 800°C. A amostra expandida foi submetida ao processo de organofilização física, onde o argilomineral foi posto em contato com uma quantidade definida de organofilizante fundido. Para avaliar o potencial do material na diminuição da salinidade de águas, foi escolhido como parâmetro indicador a medida de cloretos. A solução inicial contendo essa espécie apresentava concentração inicial de 1 g/L, ou seja, o dobro do estabelecido pela portaria n° 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). A determinação da espécie foi realizada através de volumetria de precipitação, conforme procedimentos descritos no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 21ª ed. (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2005.) As variáveis do processo estudadas foram: tempo de contato, efeito da granulometria e quantidade de organofilizante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra os dados de remoção da espécie indicadora de salinidade no decorrer do tempo, tais dados mostram que a interação entre o adsorvente e a espécie é de caráter físico, ou seja, a adsorção é extremamente elevada e rápida em um curto intervalo de tempo, mas se mostra reversível se mantida em agitação após a saturação. A Figura 2 revela que o aumento da massa não otimiza a adsorção, visto que se trata de um material hidrofóbico que não entra em suspensão, formando uma monocamada na superfície da solução que, após completa (a monocamada), a massa adicional a seguir, apenas se deposita sobre essa monocamada de adsorvente.

Figura 1 – Remoção da Espécie Indicadora de Salinidade no decorrer do tempo através da amostra #100 a 15% de organofilizante

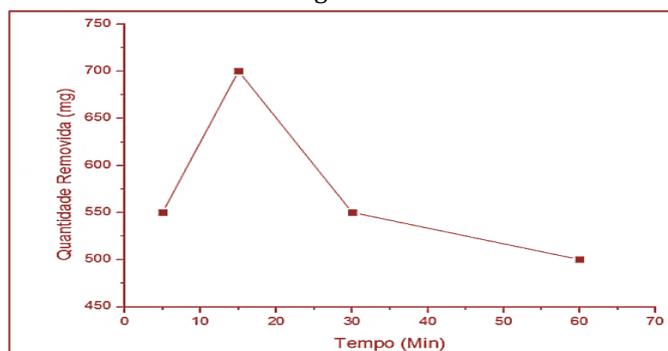
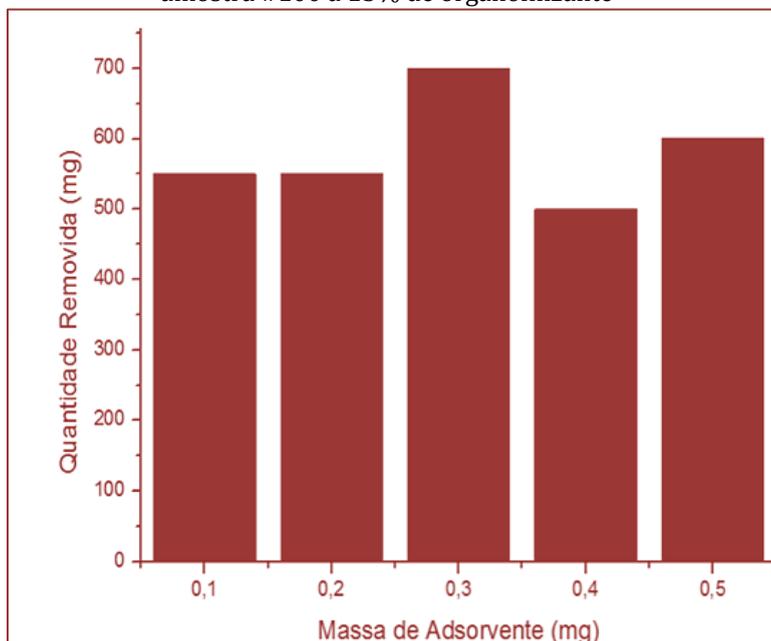
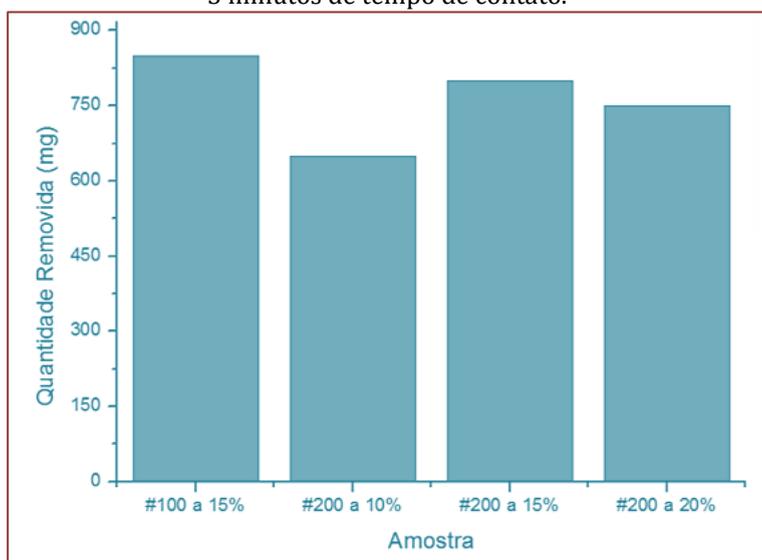


Figura 2 – Remoção da Espécie Indicadora de Salinidade variando a massa inicial de adsorvente através da amostra #100 a 15% de organofilizante



A Figura 3 mostra que a amostra que sofreu organofilização mais homogênea (de maior tamanho de partícula) apresenta maior eficiência na remoção da espécie química indicadora de salinidade.

Figura 3 – Remoção da Espécie Indicadora de Salinidade variando a amostra de Adsorvente em Ensaios de 5 minutos de tempo de contato.



4. CONCLUSÕES

Os dados obtidos através deste estudo mostram que o material adsorvente obtido apresenta grande potencial para a remoção de salinidade em águas. Contudo, o processo se mostrou reversível se empreendido em grandes intervalos de tempo. Dados de condutividade elétrica confirmarão as evidências mostradas neste estudo.

REFERÊNCIAS

- [1] American Public Health Association, Standard methods for the Examination of Water and Wasterwater, (Métodos: 3030 e 3120) 21st Edition, 2005.
- [2] Brasil. Ministério da Saúde. Portaria n. 2914, de 12 de dezembro de 2011. Brasília, 2011
- [3] Santos, J. S. dos; Dissertação de Mestrato, Instituto de Química USP, São Paulo, 1997.
- [4] Santos, J. S.; Oliveira, E.; Massaro, S., Avaliação Da Salinização De Açudes No SemiÁrido Brasileiro Por Icp-Aes, Química Nova, n. 23, v. 4, 2000

Capítulo 6

Análise das variáveis hidroquímicas do Rio Salgado/CE: Contribuições para o enquadramento de rios no Semiárido Cearense

Francisco José de Paula Filho

Sarah da Silva Brito

Vinícius Pereira Bacurau

Barbara Thially de Souza Gomes

Angélica Maria Lucena Gonçalves

Francisca Denise Pereira Almeida

Willian Avelino Lopes

Rosilda Benício de Souza

Resumo: Uma análise do comportamento espacial das variáveis hidroquímicas monitoradas nas águas do rio Salgado, sul do Estado do Ceará é apresentada. No monitoramento mensal foram utilizadas sondas portáteis e em laboratório foi determinado o material particulado em suspensão (MPS). Considerando os valores monitorados as faixas observadas variaram entre: pH, 6,6 – 8,4; oxigênio dissolvido, 1,1 – 7 mg L⁻¹; saturação de oxigênio, 2,1 – 160%, condutividade elétrica, 0,02 – 0,97 mS cm⁻¹; DBO5, 0,08 – 325 mg L⁻¹, material particulado em suspensão, 4 – 118 mg L⁻¹, Turbidez, 0,4 – 688 UNT e temperatura. 22 - 33 °C, em 15 pontos de amostragem ao longo do rio Salgado/CE. Os resultados demonstram significativa perda de qualidade das águas das cabeceiras até a foz do rio. Medidas para recuperação e gerenciamento devem ser adotadas a fim de reduzir os impactos das emissões de efluentes in natura para o curso do rio.

Palavras-chave: Bacia do Salgado; Hidroquímica; semiárido

1. INTRODUÇÃO

A lei das águas nº 9.433/97, estabelece que a gestão sistemática dos recursos hídricos não deve dissociar os aspectos de quantidade dos de qualidade. Portanto indicou que a integração e a articulação da gestão de recursos hídricos se dão em consonância com a gestão ambiental e a do uso do solo (Brasil, 1997). Assim, sua implementação em áreas submetidas a condições de escassez de chuvas como no semiárido do Brasil, é uma questão fundamental para proteção e manutenção dos mananciais (Brasil, 1997). Sendo assim, o enquadramento de corpos d'água em classes, constitui ferramenta fundamental para o direcionamento de ações de planejamento, preservação ou mitigação de impactos contribuindo no processo de gestão de bacias hidrográficas (Machado et al., 2019).

O semiárido brasileiro apresenta como característica hidrográfica natural, o predomínio de rios e riachos irregulares, fortemente dependentes da sazonalidade da precipitação da região (Oliveira et al., 2010). Portanto, em rios de bacias semiáridas a sensibilidade dos ecossistemas aquáticos aos impactos ambientais depende das características ecológicas e biogeoquímicas presentes na região. Além disso, os rios intermitentes são regidos por limites sazonalmente mais restritivos quanto ao aporte de cargas derivadas das diferentes atividades antrópicas instaladas na bacia (Lacerda., 2007).

Nas últimas décadas, a introdução de contaminantes químicos como nutrientes, metais traço e compostos xenobióticos, como pesticidas, nos ecossistemas aquáticos, tem aumentado de forma alarmante, como resultado da ação antropogênica sobre o meio ambiente. Os reflexos desta situação são particularmente dramáticos em áreas com notório déficit hídrico, como a do semiárido do nordeste brasileiro. Nesta região, em particular, a preservação e o correto gerenciamento dos recursos hídricos compreendem uma dimensão fundamental para o adequado suporte das condições de vida das populações e para a manutenção das atividades econômicas instaladas.

O Estado do Ceará é notabilizado na gestão dos recursos hídricos no Brasil por ter sido um dos pioneiros na homologação da lei estadual de recursos hídricos. Todavia, no que tange ao enquadramento dos corpos d'água ainda enfrenta dificuldades. Este fato é comum aos corpos hídricos na região semiárida do Nordeste do Brasil, mesmo com o marco legal bem definido pelas Resoluções Conama nº 357/2005 e CNRH nº 91/2008 (BRASIL, 2005; 2008).

Neste contexto, a bacia do rio Salgado no Sul do Estado do Ceará, é dotada de uma rede de rios e riachos fortemente dependente do aporte de chuvas irregulares na região. Além disto, grande parte das cidades apresenta deficiência na rede de esgotos, valendo-se de seus rios como sumidouros de esgotos. O excesso de nitrogênio, fósforo e carbono orgânico leva a proliferação de microrganismos heterotróficos e processos de eutrofização crônica em riachos, rios, lagoas e reservatórios (Rocha et al., 2016). Desta forma, o presente trabalho teve por objetivos: (I) apresentar um diagnóstico baseado no monitoramento das variáveis hidroquímicas em período chuvoso; (II) analisar espacialmente o comportamento das variáveis desde as nascentes na Chapada do Araripe até a foz do rio na cidade Icó/CE.

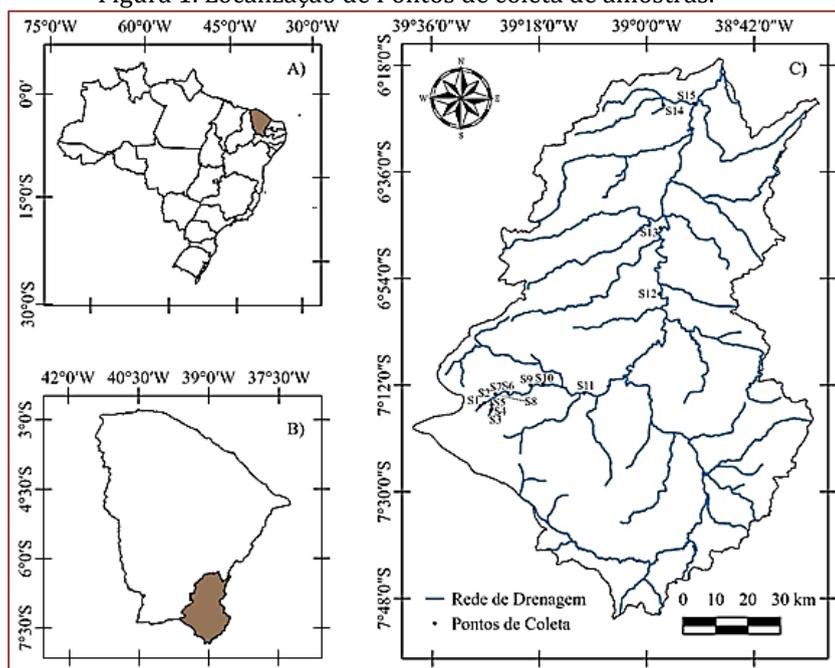
2. METODOLOGIA

2.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no Sul do Ceará na Região do Cariri, correspondendo à bacia do rio Salgado (Figura 1). A bacia do Salgado integra a bacia do rio Jaguaribe, Estado do Ceará, no nordeste do Brasil. Possui extensão de 308 km e uma área de drenagem igual a 12.865km², totalizando 23 municípios, e uma população aproximada de 909.000 habitantes (70% urbana). A urbanização crescente vem contribuindo com pressões relativas ao aumento da carga de poluentes, principalmente associados aos esgotos domiciliares e efluentes industriais, aumento da taxa de denudação dos solos, gerando impactos ambientais, como a eutrofização das águas dos rios e riachos, a contaminação dos recursos pesqueiros e a consequente exposição humana aos poluentes. Estes impactos e seus efeitos podem se estender a jusante da bacia, chegando ao reservatório Castanhão. A hidrografia da bacia é formada por pequenos tributários, em geral riachos intermitentes, todavia aqueles que são perenes nascem no sopé da Chapada do Araripe e drenam microbacias demograficamente mais povoadas.

Os principais usos do solo na bacia são voltados para a agricultura de sequeiro e a pecuária, todavia há um polo industrial em crescimento em cidades de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha, onde estão as principais nascentes do rio Salgado. Estas cidades abrigam cerca de 50% do contingente populacional da bacia, todavia carecem de sistema de coleta e tratamento de efluentes domésticos e industriais.

Figura 1. Localização de Pontos de coleta de amostras.



2.2. AMOSTRAGEM

O monitoramento compreendeu seis meses, cobrindo o final da estação seca de 2018 e o período chuvoso de 2019 (janeiro a maio). Os sítios de monitoramento para amostragem localizam-se nas cidades de Crato, Juazeiro do Norte, Missão Velha, Aurora, Lavras da Mangabeira e Icó. Os rios afluentes monitorados compreenderam o rio Batateiras (S1 e S2), rio Granjeiro (S3, S4 e S5), rio Salgadinho (S6 a S10) e por fim o rio Salgado (S10 a S15).

2.3. VARIÁVEIS MONITORADAS

As variáveis hidroquímicas foram determinadas *in situ* utilizando sondas portáteis. Temperatura da água (T), oxigênio dissolvido (OD) e saturação de oxigênio (OD%) foram medidos com uma sonda Hanna HI 9143. A turbidez (UNT) foi obtida utilizando um turbidímetro Hanna 93703 e pH com um medidor portátil Hanna HI 8424 com compensação automática de temperatura. O Material Particulado em Suspensão (MPS) foi determinado por amostragem específica em duplicata em garrafas PET de 1,0 L. Todas as amostras foram filtradas com filtros de fibras Whatman GF/F pesados previamente (poro 0,7 μm), os filtros foram secos a 45 ° C e pesados para determinar a quantidade de MPS (mg L^{-1}) (Strickland e Parsons, 1972), conforme Figura 2.

Figura 2. (a) Medidas das variáveis hidroquímicas, (b) amostragem; (c) e (d) processo de filtração em laboratório



Para a realização do teste de DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxigênio) primeiramente as amostras de água coletadas foram analisadas no momento imediato a chegada ao laboratório. As amostras e o branco (água de diluição) foram incubados a $20^{\circ}C$ por 5 dias (Cunha et al., 2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento médio das variáveis hidroquímicas ao longo do eixo longitudinal do rio Salgado pode ser verificado através da Figura 3. O pH apresentou-se dentro da faixa preconizada para águas Classe 2 (6,0 – 9,0) com valores médios acima de 7,1 em todos os pontos de amostragem. A Temperatura apresentou tendência de elevação em seus valores das nascentes (S1) para a foz na cidade de Icó (S15).

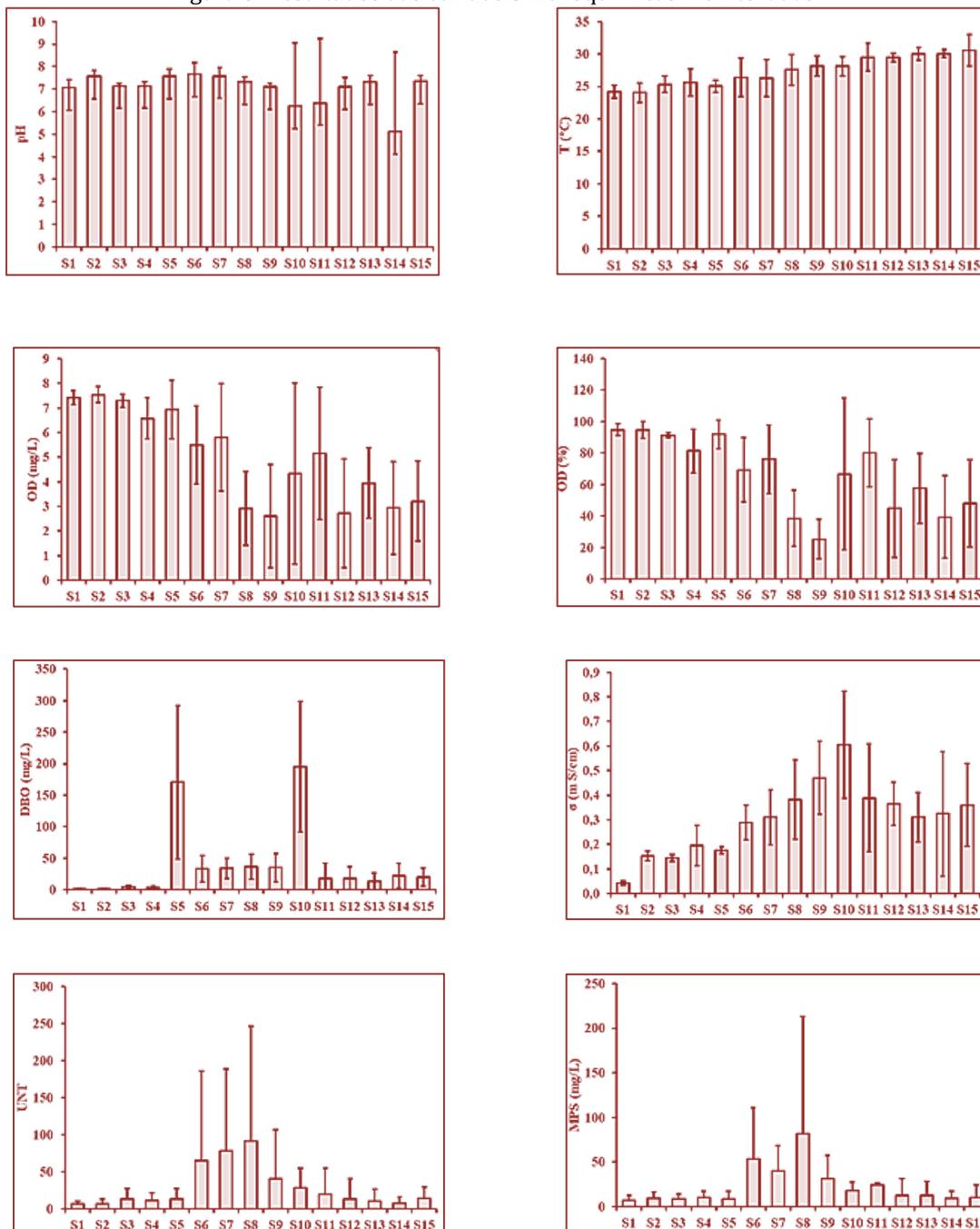
Para o período foi possível verificar que as concentrações de oxigênio dissolvido (OD) e saturação de oxigênio, progressivamente decaem conforme são atingidos pontos de monitoramento localizados em áreas mais densamente urbanizadas da Região Metropolitana do Cariri - RMC (Crato e Juazeiro do Norte). Os pontos S1 e S2 estão localizados em áreas de cabeceiras ou ainda poucos antropizadas (S3 e S4). Nestas condições os valores de oxigênio dissolvido superam o limite mínimo para Classe 2 de $5,0 \text{ mg L}^{-1}$, indicado na Resolução Conama nº 357 (Brasil, 2005). Neste setor da bacia as concentrações médias variaram entre $5,0 - 8,5 \text{ mg L}^{-1}$ no período.

As concentrações de oxigênio decaíram conforme foram monitoradas áreas mais urbanizadas da bacia, apresentando tendência de redução seguindo o gradiente fluvial. Os pontos S6 a S10 compreendem localidades de moderadamente a fortemente influenciadas por despejos de efluentes domésticos da RMC (S6 a S10), inseridos nos centros urbanos de Crato e Juazeiro do Norte. Os pontos S8 e S9 apresentaram valores médios de OD, $2,9$ e $2,6 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. A partir da Cachoeira de Missão Velha (S11) até Icó (S15) as cidades são menos urbanizadas, predominando fortes difusas de contaminantes para os corpos hídricos superficiais. No entanto, em todas as municipalidades o serviço de coleta de esgotos é deficiente, repercutindo em despejo de efluentes domésticos diretamente nos riachos e rios. Fato que afetou os resultados para a concentração de oxigênio dissolvido com valores abaixo de $3,0 \text{ mg L}^{-1}$, nos pontos S12 e S14, ou seja, Classe 4 para o parâmetro.

Os valores de referência previstos pela resolução Conama 357/05 para a DBO_5 indicam um limite superior igual a 3,0 (Classe 1), 5,0 (Classe 2), 10,0 (Classe 3) e sem limite (Classe 4). Os resultados obtidos apresentaram tendência de elevação seguindo o gradiente fluvial. A partir de S5 todos os resultados excederam os limites para Classe 3, refletindo os aportes de efluentes urbanos e fontes difusa ao longo da bacia. Destaca-se o valor médio de 170 mg L^{-1} (S5) e 195 mg L^{-1} (S10). A condutividade elétrica refletiu a tendência de perda de qualidade conforme o fluxo fluvial, principalmente entre os pontos S6 e S11. Comportamento semelhante é verificado para a UNT e MPS. Destacaram-se os pontos de S6 a S9, durante o período de chuvas mais intensas na região, onde foram registrados valores de turbidez acima de 300 UNT, superando o limite de 100 UNT para Classe 3 (Brasil, 2005).

Os resultados do MPS corroboraram maiores concentrações em pontos onde havia maior presença de fontes pontuais de matéria orgânica oriundas de esgotos clandestinos, ou ainda incidência de áreas de solo exposto.

Figura 3. Resultados das variáveis hidroquímicas monitoradas.



As cargas geradas orgânicas e não removidas por sistemas de tratamento de efluentes, contribuíram para a ampliação da não conformidade da maioria das variáveis hidroquímicas monitoradas frente aos valores de referência da legislação (Brasil, 2005). Além das cargas decorrentes do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento, as fontes difusas predominantes na bacia do rio Salgado foram reconhecidas como um dos principais fatores de degradação da qualidade das águas superficiais na região (De Paula Filho, et al., 2019). Como a recarga do açude Castanhão, no médio Jaguaribe, depende principalmente do rio Salgado deve-se considerar que a perda de qualidade de suas águas pode influenciar na qualidade da água daquele importante reservatório. Caso semelhante foi reportado por Martinelli et al. (2002), ao

realizar o levantamento de cargas orgânicas lançadas nos rios do Estado de São Paulo, demonstrando a relação entre o lançamento de cargas de efluentes não tratados e a ampliação da não conformidade de fósforo em águas de reservatórios receptores, levando a degradação da qualidade das águas.

4. CONCLUSÕES

As avaliações espaciais dos resultados para as variáveis hidroquímicas monitoradas refletiram a perda de qualidade, seguindo o gradiente fluvial. Os trechos urbanos são responsáveis pela emissão de cargas orgânicas ricas em nitrogênio, fósforo e matéria orgânica que promovem a depleção do oxigênio, elevação do pH, condutividade e DBO. Estas são variáveis críticas para o sistema aquático. A situação mais crítica é verificada nos pontos da Região Metropolitana do Cariri (S7 a S10) onde estão localizadas áreas industrializadas e com maiores densidades populacionais, indicando maior pressão antrópica com efeitos negativos sobre a qualidade da água a ela associados. Muito embora esta pesquisa tenha representado um avanço ao abranger toda extensão do rio Salgado, ainda há necessidade de ampliação do levantamento do nível de não compatibilidade deste com o seu enquadramento legal em escala maior de tempo, considerando a sazonalidade.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao suporte financeiro concedido pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FUNCAP, através de recursos do Bolsa de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e à Inovação Tecnológica – BPI (Processo nº: BP3-0139-00276.01.00/18). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e a Universidade Federal do Cariri, pelas bolsas de iniciação científica concedidas através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, edital n.º 02/2018/PRPI – Chamada PICT/CNPqUFCA.

REFERÊNCIAS

- [1] Oliveira, C.N., Campos, V.P., Medeiros, Y.D.P. 2010. Evaluation and identification of important parameters for the quality of water bodies in the semi-arid region of Bahia. Case study: basin of the Salitre river. *Quim. Nova.* 33(5), 1059-1066.
- [2] Rocha, F.C., Andrade, E.M., Lopes, F.B., de Paula Filho, F.J., Costa Filho, J.H. 2016. Physical-chemical determinant properties of biological communities in continental semi-arid waters. *Environ. Monit. Assess.* 188(8), 489.
- [3] Brasil. Resolução Conama 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente.
- [4] Strickland, J.D.H., and Parsons, T.R. 1972. A Practical handbook of Available sea water analysis. *Bulletim Fisheries Research Board of Canada*, 167, 1-311.
- [5] Cunha, D.G.F.; Ogura, A.P.; Calijuri, M.C. (2012). Nutrient reference concentrations and trophic state boundaries in subtropical reservoirs. *Water Science and Technology*, v. 65, p. 1461-1467
- [6] Lacerda, L.D. (2007). Biogeoquímica de contaminantes no antropoceno. *Oecol. Bras.*, 11 (2): 297-301.
- [7] Machado, E.S., Knapik, H.G., Bitencourt, C.C.A. 2019. Considerações sobre o processo e enquadramento de corpos de água. *Eng Sanit Ambient.* 24 (2): 261-269.
- [8] De Paula Filho, F.J.; Sampaio, A.D.S.; Menezes, J.M.C.; Costa, C.T.F.; Santiago, M.O. 2019. Land uses, Nitrogen and Phosphorus estimated fluxes in a Brazilian semiarid watershed. *Journal of Arid Environments* 163, 41-49.
- [9] Martinelli, L.A.; Silva, A.M.; Camargo, P.B.; Moretti, L.R.; Tomazelli, A.C.; Silva, D.M.L.; Fischer, E.G.; Sonoda, K.C.; Salomão, M.S.M.B. 2002. Levantamento das cargas orgânicas lançadas nos rios do estado de São Paulo. *Biota Neotropica*, v. 2, n. 2, p. 1-18

Capítulo 7

Caracterização química e morfológica de sedimentos estuarinos do Delta do Rio Parnaíba

Deivid Vitor dos Santos

Rafael Felipe Pereira Junio

Francisco José de Paula Filho

Leonardo Alves Pinto

Thalia Delmondes de Souza

Joaquim Bernardino Moreira Filho

João Victor Barbosa Moura

Jorge Marcell Coelho Menezes

Teobaldo Gabriel de Souza Júnior

Marcelo Oliveira Santiago

Resumo: O presente trabalho realizou a caracterização morfológica e química dos sedimentos superficiais do Delta do Rio Parnaíba. A análise de granulometria dos sedimentos apresentou elevada contribuição da fração Silte + Argila, 14,31%. A morfologia dos grãos foi determinada a partir da análise por microscopia eletrônica de Varredura. A matéria orgânica variou entre 1,0 – 10,9%, conforme a metodologia empregada. Os elementos Si, Ca, P e K foram determinados por Fluorescência de Raio-X, com concentrações médias de 16,06%; 1,13%; 0,19% e 2,99%, respectivamente. Os espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier apresentaram semelhança nos grupos funcionais. A quantificação dos metais pesados foi realizada por Espectrometria de Absorção Atômica por Chama. As concentrações médias de metais pesados (mg.kg⁻¹) foram: 21,4 ± 4,27 de Cu; 0,53 ± 0,03 de Cd; 80,9 ± 15 de Pb; 35,6 ± 6,5 de Cr; 138,3 ± 54 de Mn; 25,9 ± 1,5 de Ni; 45,8 ± 7,5 de Zn; 4,0 ± 1,2 % de Al e 3,0 % ± 0,8 % de Fe. Os dados compilados permitem ampliar o conhecimento sobre a geoquímica de metais no compartimento sedimentar e subsidiar a tomada de decisões dos gestores ambientais para o possível controle das emissões destes contaminantes.

Palavras-Chave: Metais pesados; Matéria Orgânica; Análise espectrométrica; Delta do Parnaíba.

1. INTRODUÇÃO

O Delta do Parnaíba abrange estuários e baías compondo um mosaico de ecossistemas importantes, de alta produtividade e biodiversidade. Apresenta uma evidente importância ecológica, social e econômica por possuir uma grande diversidade de ambientes que apresentam potenciais disponíveis para habitação, refúgio e criadouro de várias espécies (De Paula Filho et al., 2015). Por ser um ecossistema de transição entre o continente e o oceano, apresenta alta complexidade, sendo fundamental para o processo de acúmulo de diferentes espécies químicas, tais como nutrientes, matéria orgânica (MO) e elementos traço, apresentando características mistas, com fontes naturalmente continentais e marinhas (Miranda et al., 2002; Nascimento et al., 2017).

Neste contexto, a avaliação das concentrações de materiais contaminantes dos sistemas estuarinos por atividades antrópicas tem recebido atenção da comunidade científica, visto à importância da preservação destas áreas, visando assegurar a preservação ambiental e a sustentabilidade das atividades econômicas associadas (De Paula Filho et al., 2015). Segundo Ferreira et al. (2010), o descarte inadequado de resíduos contendo metais pesados, nos mais variados ambientes naturais, tem causado grande preocupação ecológica, principalmente nos ambientes de maior interação com o homem, podendo aumentar a concentração natural desses metais nos solos e sedimentos, alcançando o limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

Vários estudos mostram uma significativa elevação na concentração de elementos-traço nos sedimentos de ecossistemas aquáticos, particularmente em áreas estuarinas (Galuska, 2007). Segundo Fadigas et al. (2006), é comum, durante a análise da ampliação da poluição de uma área, comparar as quantidades totais de elementos-traço obtidos nesses locais com valores encontrados em condições naturais. Galuska (2007) realizou a determinação de valores de background geoquímico a partir de estudos de sedimentos, permitindo estabelecer padrões de qualidade ambiental, assim como o estudo do impacto de fontes antrópicas e identificação de fontes naturais de poluição em uma determinada área. Em caso de valores anormais positivos, as influências antrópicas ocorrem, por definição, como fontes contaminantes (Matschullat et al., 2000).

Diante dos argumentos supracitados, o presente trabalho realizou a caracterização química de amostras de sedimentos do delta do rio Parnaíba, através de técnicas analíticas clássicas e instrumentais. Procedeu-se a uma avaliação granulométrica e morfológicas por Microscopia Eletrônica de Varredura, determinação da matéria orgânica via seca e úmida. Foram utilizadas técnicas analíticas de Espectrofotometria de Absorção Atômica de Chama – FAAS, Fluorescência de Raios – X e Espectrofotometria de Infravermelho, possibilitando uma visão geral da geoquímica de metais no sistema estuarino.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de proteção ambiental do Delta do Parnaíba é caracterizada por ser o único delta em mar aberto das Américas, formado por cinco barras: Igarauçu, Canárias, Caju, Melancieira, Tutóia e por mais de 75 ilhas (MMA, 2006). Enquadrada entre os paralelos 2° 37' e 3° 05' de latitude sul e os meridianos 41° 08' e 42° 30' de longitude oeste, totalizando 313.809 ha de área.

2.2. AMOSTRAGEM

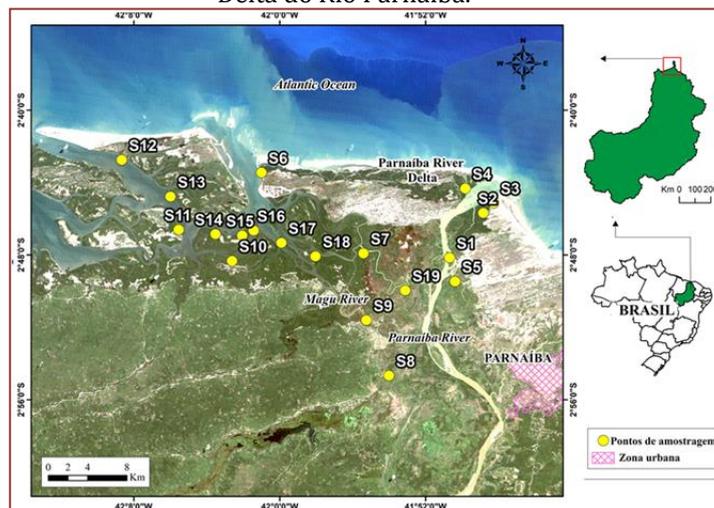
A campanha de amostragem em sedimentos superficiais nos canais deltaicos foi realizada em abril de 2017, em 19 pontos (Figura 1). Após a coleta as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e refrigeradas a 4°C. A secagem do material foi realizada em estufa a 80°C, sendo em seguida submetidas a processo de pulverização, buscando com isso a desagregação dos torrões formados após a secagem.

2.3. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

O processo de tamisação das amostras foi realizado no Laboratório de Solos da UFCA, com base na ABNT NBR 7217/87. Uma massa de 100,00g de amostra de cada ponto passou em um conjunto de peneiras com aberturas de 2000µm, 1000µm, 500µm, 250µm, 125µm e 63µm (Figura 2).

A fração fina foi coletada para utilização nas análises subsequentes, correspondendo as frações Silte+Argila, responsáveis pela maior incorporação dos metais pesados presentes no solo. A fração silte+argila foi devidamente acondicionada em recipientes lacrados e previamente etiquetados para posterior análise.

Figura 1. Mapa de localização dos pontos de amostragem distribuídos nos principais canais estuarinos do Delta do Rio Parnaíba.



2.4. ANÁLISE DE MATÉRIA ORGÂNICA

Em laboratório a determinação do teor de matéria orgânica (MO) foi realizada via seca (*Loss-of-ignition* – LOI) no método clássico e instrumental (Carmo & Silva, 2012) e via úmida (Loring & Rantala, 1992). Na determinação da MO via seca, as amostras já processadas na fração fina, inicialmente passaram por uma secagem prévia em estufa a aproximadamente 80°C, por um período de 1 hora, no intuito de eliminar a água absorvida quando exposta ao ambiente. Após a secagem, foram pesados 1,0000g do material em cadinhos de porcelana e levadas ao forno mufla a temperatura de 450°C por 4 horas.

Na metodologia via úmida a oxidação de matéria orgânica ocorreu a partir da mistura da amostra com $K_2Cr_2O_7$ 1,0 N em meio ácido, reação fortemente exotérmica. Posteriormente ao aquecimento na chapa aquecedora da mistura oxidante, adicionou-se 100,0mL de água, três gotas do indicador difenilamina e 5,0 mL de H_3PO_4 1,0 N. Onde a partir da titulação com a solução de sulfato ferroso amoniacal ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$), o volume titulado para a amostra e para o branco é usado no cálculo do teor de carbono levando em conta o volume do dicromato adicionado e a massa da amostra.

Na análise instrumental a técnica utilizada foi a Termogravimetria (TG) (Shimadzu: TGA-50). Um número representativo de 07 (sete) amostras selecionadas foram submetidas a um aquecimento controlado, da temperatura ambiente até 1000°C há uma taxa aquecimento de 10°C/min em atmosfera de nitrogênio com vazão de ar 50 ml min⁻¹.

2.5. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

A preparação inicial das amostras para análise de metais traço (Cu, Cd, Cr, Pb, Ni, Zn, Mn, Fe e Al) seguiu metodologia descrita por Aguiar et al. (2007). A massa de 1,0000g da fração silte + argila foi pesada em erlenmeyer. Os sedimentos foram levados a extração parcial ácida pela adição de 25,0 mL de solução de água régia ($3HCl.HNO_3$) e aquecidos em banho maria a 80°C durante 2h. A concentração de metais nos extratos resultantes foi determinada por espectrofotometria de absorção atômica por chama (FAAS) utilizando o espectrofotômetro Varian modelo SpectraA 50b na Central Analítica da Universidade Federal do Cariri - UFCA.

Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca) e Silício (Si) foram determinados por Fluorescência de Raios X. As leituras foram realizadas no Laboratório de Caracterização de Materiais da Universidade Federal do Cariri, com o espectrofotômetro Épsilon 1 da PANalytical. As condições de operação do equipamento seguiram aquelas pré-estabelecidas pelo fabricante. Foi utilizado um ânodo de prata, com tensão do tubo configurada para 50 keV, o que auxilia na detecção de materiais mais pesados.

Para a realização da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV), as amostras foram fixadas no suporte com a utilização de fitas de carbono. As imagens foram obtidas utilizando um microscópio eletrônico de varredura Tescan Vega 3, operado a 20 kV, no Laboratório de Caracterização de Materiais da UFCA.

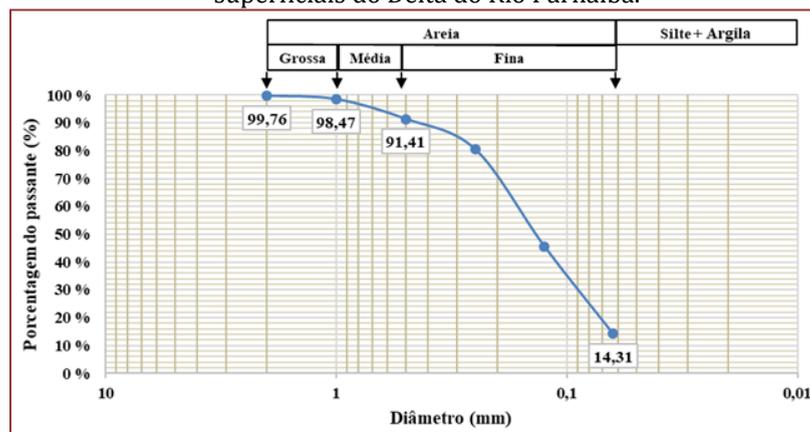
As análises de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) foi realizada com intuito de identificar os principais grupos funcionais associado a matéria orgânica e minerais nos sedimentos. Foi empregado na determinação um aparelho da marca Perkin Elmer, modelo Spectrum Two, com resolução de 3 cm^{-1} , com modo de operação transmitância por pastilhas de KBr. Antes das análises foi criada uma linha de base, gerada sem amostra, para evitar erros de leitura. A pastilha de KBr foi obtida após maceração e homogeneização da amostra juntamente com o KBr em uma proporção de aproximadamente 1:20 mg KBr, a mistura foi posta em um molde e comprimida à alta pressão. O espectro obtido pelo espectrofotômetro de infravermelho por transformada de Fourier compreende a região de $4000 - 400\text{ cm}^{-1}$.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SEDIMENTOS

As análises granulométricas demonstraram que os sedimentos em estudo possuem frações com tamanhos de grãos que variam de areia grossa a silte + argila com grande discrepância entre suas quantidades. Seguindo a classificação descrita na ABNT NBR 6502/95, as porcentagens médias encontradas para os 19 pontos foram equivalentes a 1,53% de areia grossa ($600\mu\text{m} < x < 2000\mu\text{m}$), 7,05% de areia média ($200\mu\text{m} < x < 600\mu\text{m}$), 77,11% de areia fina ($60\mu\text{m} < x < 200\mu\text{m}$), enquanto a fração silte + argila totalizou 14,31% do total. As porcentagens de cada fração, para cada ponto de coleta, estão apresentadas na Figura 2.

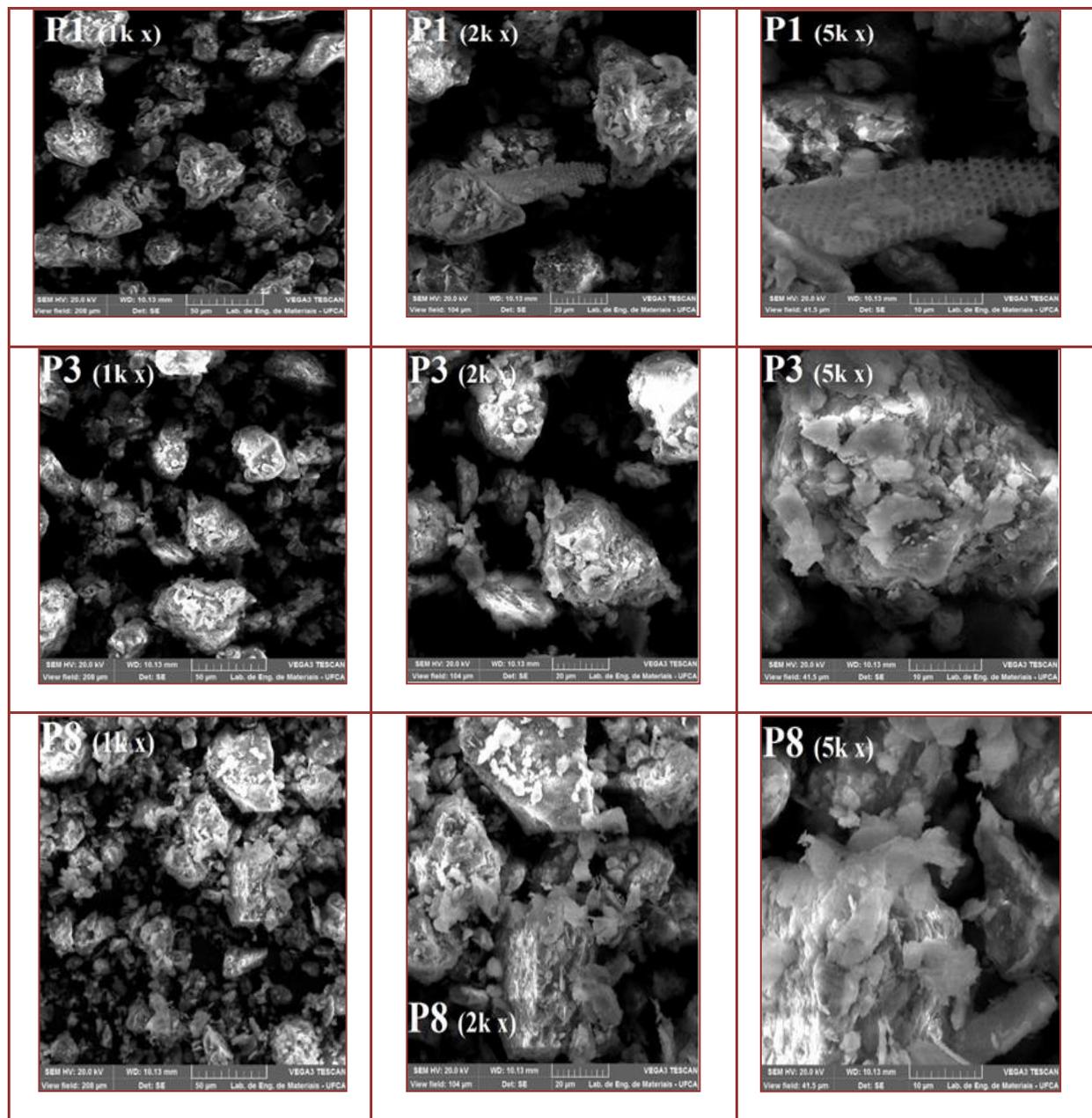
Figura 2. Porcentagem granulométrica representada para cada ponto de amostragem de sedimentos superficiais do Delta do Rio Parnaíba.



Os resultados obtidos apresentaram uma considerável quantidade de finos, estando associada as características litológicas bacia do Parnaíba. A litologia local apresenta arenitos finos a grossos com níveis argilosos e conglomeráticos variáveis. Assim, considerando que os sedimentos, desempenham papel importante na avaliação da poluição de mananciais e refletem a qualidade atual e/ou histórica do sistema. Além disso, os sedimentos podem agir como possíveis fontes de poluição, como por exemplo, de metais pesados, os quais podem não ser permanentemente fixados por eles, podendo ser novamente disponibilizados para a coluna d'água, através de variações nas condições ambientais tais como mudanças de pH, de potencial redox, ou pela presença de quelantes orgânicos (Lemes et al. 2003).

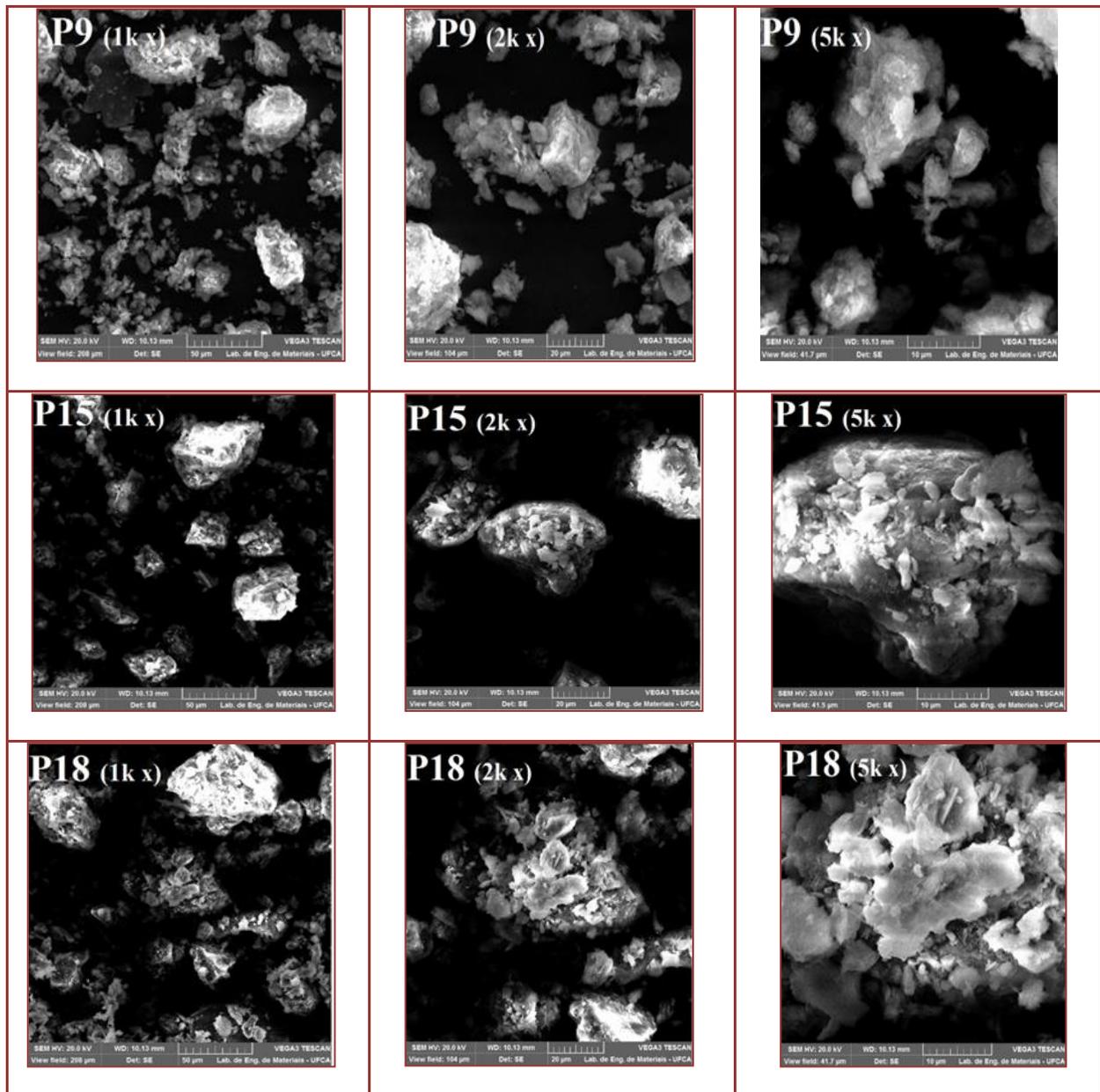
As imagens obtidas por MEV das amostras da fração silte + argila dos sedimentos do Delta do Parnaíba são apresentadas na Figura 3. Para essa análise foram escolhidos seis pontos em cada um dos três principais canais do Delta (S1, S3, S8, S9, S15, S18). Verifica-se a ocorrência de variação no tamanho de grão observado para as seis amostras, demonstrando um número elevado de partículas com menos de 0,06 mm e irregularidades na superfície dos grãos. Segundo Belotti (2011), frações com menos de 0,06 mm de diâmetro, devido à sua natureza coloidal, área superficial específica e carga de superfície, estão interligadas com a maioria das reações físicas e químicas que ocorrem nos solos e sedimentos, possuindo elevada capacidade de adsorção de elementos. Superfícies irregulares também favorecendo a retenção de substâncias.

Figura 3. Micrografias da fração silte + argila dos sedimentos do delta do Rio Parnaíba, pontos de amostragem S1 S3, S8, S9, S15 e S18, com aumento de 1000x, 2000x e 5000x.



(continuação)

Figura 3. Micrografias da fração silte + argila dos sedimentos do delta do Rio Parnaíba, pontos de amostragem S1 S3, S8, S9, S15 e S18, com aumento de 1000x, 2000x e 5000x.



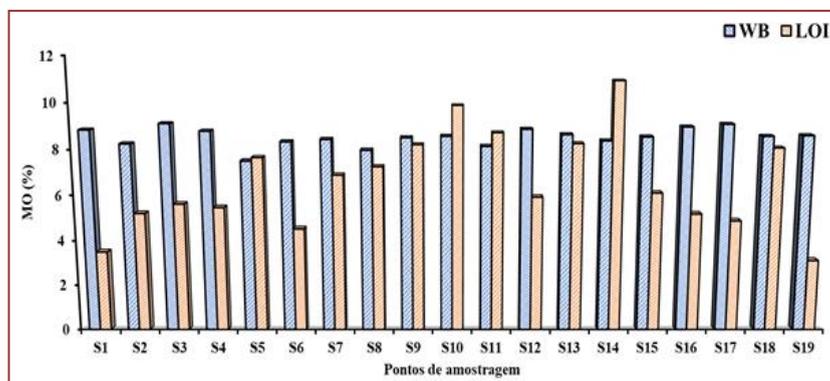
Os substratos mais ativos são termodinamicamente instáveis e, portanto, são os mais importantes na retenção de metais pesados possuem grande área superficial e elevada capacidade de troca catiônica (Alloway & Ayres, 1997). Para bacia do Rio Parnaíba os substratos mais comuns nos sedimentos são óxidos de ferro e manganês, matéria orgânica e argilominerais (De Paula Filho, 2015). Os argilominerais encontrados na região são constituídos de óxi-hidróxidos de ferro e alumínio hidratado e óxido de silício. Estes atuam como importantes coletores e concentradores de metais por possuírem uma granulometria muito fina, com grande área superficiale capacidade de troca catiônica entre moderada a alta, isso, em função da sua carga superficial negativa (Alloway & Ayres, 1997).

3.2. TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA

Os resultados da matéria orgânica no estuário do Delta do Parnaíba para as amostras através da análise via seca, apresentam teores que variam de 3,11 a 10,94%. A análise via úmida pelo método de oxidação é apresentada na Figura 4, onde os valores variam de 7,50 a 9,12%. Foi possível observar, que o conteúdo de

matéria orgânica determinado pelo método via húmida apresentou menor variabilidade em seus resultados, comparativamente ao método gravimétrico. Pesquisas apontam que os valores obtidos por perda de massa via seca podem superestimar a quantidade de MO nos sedimentos, em função de temperaturas mais elevadas que 450°C, o que pode levar pirólise de carbonatos (CaCO_3) e de outros minerais carbonáticos, conseqüentemente levando a liberação de CO_2 de origem inorgânica. Heiri et al., 1999 aduz que vários fatores tais como tempo de exposição, posições do cadinho no forno, tamanho das amostras e forma do cadinho influem na quantificação da MO justificando, representando fontes de incertezas nas medias.

Figura 4. Teores de matéria orgânica em sedimentos superficiais do Delta do Rio Parnaíba por análise clássica via seca (LOI) e análise via úmida (WB).

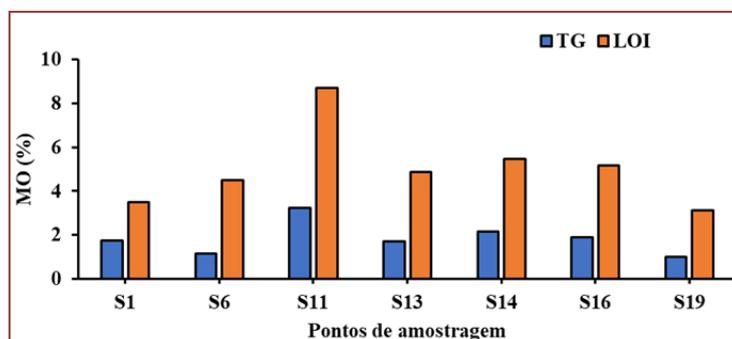


Os resultados obtidos pelo método Walkey & Balck (1934) modificado por Jackson, 1982, apresentam algumas fontes de incerteza que podem causar desvios positivos ou negativos. A quantificação da matéria orgânica do normalmente é feita a consideração do fator relativo ao conteúdo de carbono orgânico do solo ou sedimento é: $\text{MO (g kg}^{-1}\text{)} = 1,724 \times \text{C}$, face ao conceito de que o teor de carbono (C) da matéria orgânica do solo é igual a 58%. Entretanto, apesar de sua ampla aplicação, este fator varia conforme determinadas características do solo ou sedimento. Resultados encontrados na literatura indicam valores variando de 1,55 a 2,13 (Jackson, 1982). Avaliações feitas por Broadbent (1953) indicam valores de 1,9 para amostras superficiais de solos e 2,5 para subsolos. Outro fator que pode afetar as mediadas realizada relaciona-se a reações paralelas que podem superestimar a medida do teor de carbono orgânico, a partir de reações paralelas com íons cloreto. Para evitar esta situação deve-se acrescentar à solução sulfocrômica uma pequena porção de Sulfato de Prata (AgSO_4), o qual tem a função de efetivar a precipitação prévia do cloreto na forma de cloreto de prata (AgCl).

Por outro lado, ao comparar o método gravimétrico clássico com o método instrumental (TG) Figura 5, observamos valores superiores do primeiro em todos os pontos.

Os resultados obtidos para MO por termogravimetria variaram entre 1,0 e 3,25% para seis pontos de amostragem (S1, S6, S11, S13, S14, S16, S19). Estes resultados corroboraram a afirmativa que limitações da análise térmica clássica, relacionada a possibilidade de superestimar os valores de MO.

Figura 5. Comparação dos resultados para os teores de matéria orgânica por perda de massa por ignição (LOI) e pelo método instrumental termogravimétrico.



3.3. ANÁLISES ESPECTROFOTOMÉTRICAS

Os dados quantitativos em mg kg^{-1} (Fe e Al em %) obtidos por absorção atômica por chama das amostras superficiais foram tratados estatisticamente e podem ser observados nas Tabelas 1. Para análise das amostras, foram utilizadas como comparativos as resoluções 420/09 e 454/12 do Conama, devido os sedimentos apresentarem características que se encontram nas suas descrições.

Tabela 1. Estatística descritiva dos resultados para metais-traço nas amostras de sedimentos superficiais do Delta do Parnaíba obtidos por FAAS, frente aos valores de referência da Resolução Conama nº 454/12.

	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni	Zn	Mn	Al*	Fe*
Mínimo	12,1	0,46	57,8	24,9	22,4	32,8	67,1	2,2	1,9
Máximo	29,8	0,57	99,5	46,6	29,0	57,6	262,1	6,5	5,6
Média	21,4	0,53	80,9	35,6	25,9	45,8	138,3	4,0	3,0
Erro padrão	1,0	0,01	3,4	1,5	0,4	1,7	12,4	0,3	0,2
Mediana	21,3	0,5	85,9	35,8	26,1	46,5	126,3	3,7	3,0
Desvio padrão	4,27	0,03	14,95	6,49	1,55	7,50	53,84	1,19	0,82
TEL	34	1,2	46,7	81	20,9	150	-	-	-
PEL	270	9,6	218	370	51,6	410	-	-	-

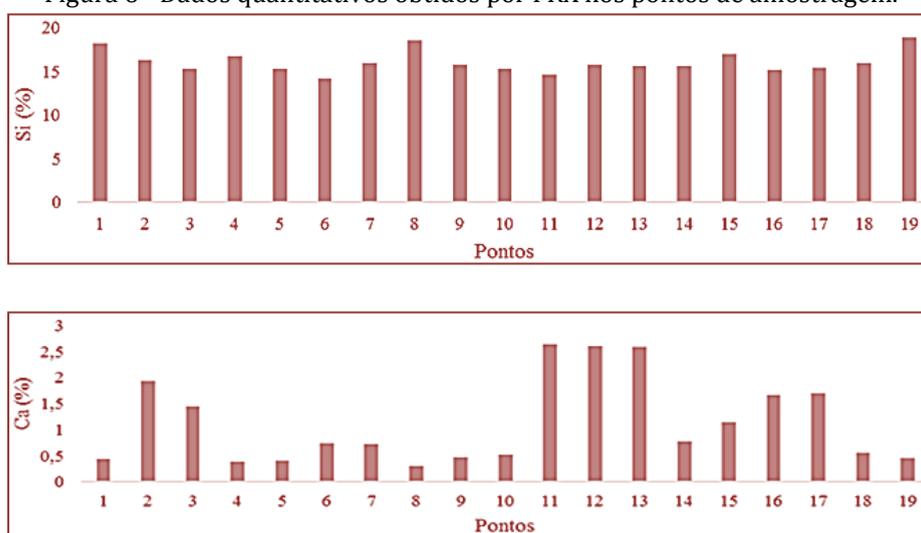
*Porcentagem em massa (%)

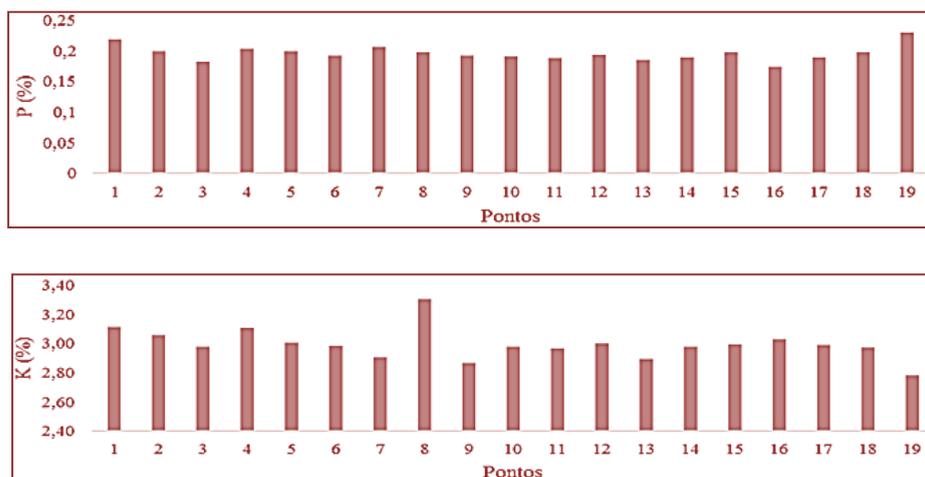
A resolução Conama 454/12 estabelece valores de referência para a presença de alguns metais em sedimentos de água doces e salinas. Ela estabelece dois níveis, um limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota (nível 1), e um segundo limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota (nível 2), esta não possui limites estabelecidos para os metais Mn, Al e Fe.

Com base nos valores máximos e mínimos detectados para cada metal, os dados de concentração para Cu, Cd, Cr e Zn encontram-se abaixo do Nível 1 de contaminação, ou seja, com baixa probabilidade de causar efeito adverso a biota aquática. Por outro lado, em todas as estações de amostragem as concentrações de Pb e Ni, apresentaram valores intermediários entre o Nível 1 e 2.

A Figura 6 apresenta as concentrações em porcentagem de Si, Ca, P e K determinadas a partir de análises de Fluorescência de Raio-X nos sedimentos superficiais, onde apresentaram concentrações médias de 16,06%; 1,13%; 0,19% e 2,99%, respectivamente.

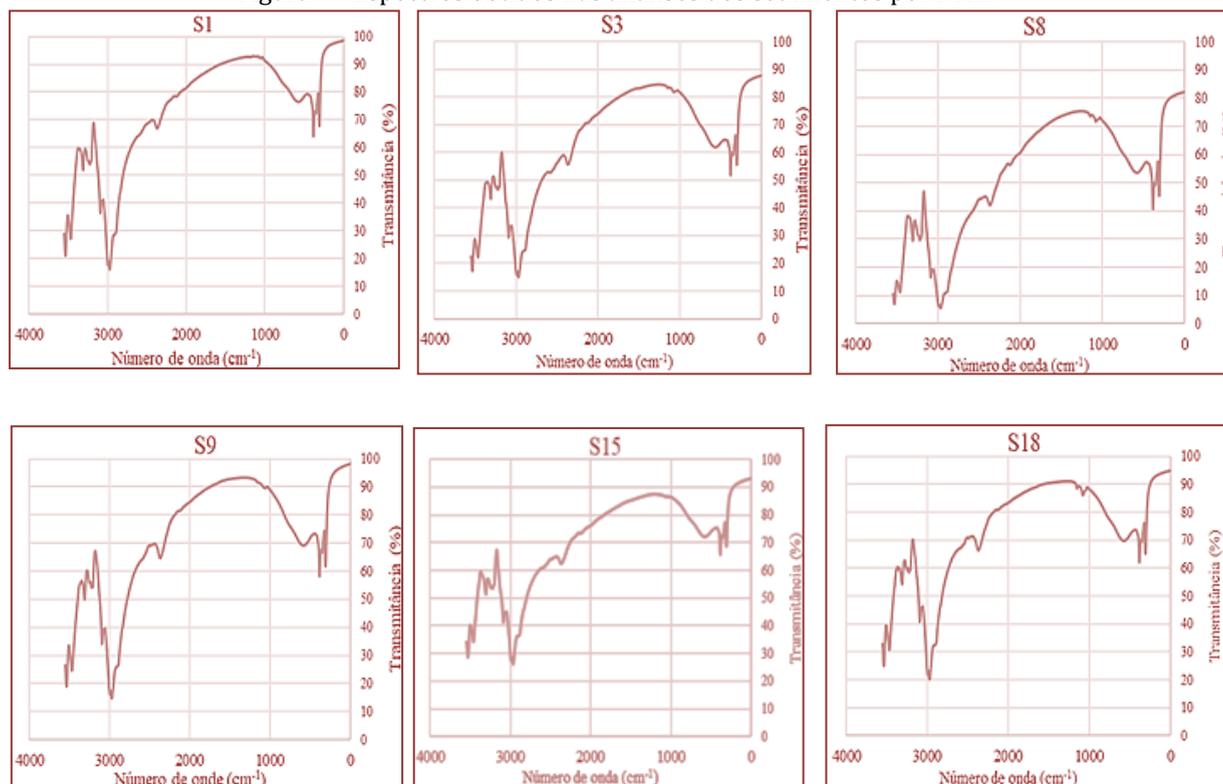
Figura 6 - Dados quantitativos obtidos por FRX nos pontos de amostragem.





A Figura 7 apresenta os espectros obtidos por FTIR nas análises de seis amostras superficiais (pontos 2, 3, 8, 9, 15 e 18), da fração silte + argila, escolhidos com intuito de se analisar um sedimento distante e um próximo da costa em três canais do rio.

Figura 7 - Espectros obtidos nas análises dos sedimentos por FTIR.



As regiões com maiores intensidades compreendem 469, 537, 694, 779, 913, 1033, 1103, 1636, 2860, 2925, 3620 e 3697 cm⁻¹. Santos et al. (2015) reporta que em regiões com bandas em 3620 e 3697 cm⁻¹ são características de vibrações Si-O-H, que representa os silicatos presentes nos sedimentos. Há 469, 537, 694, 779 e 913 cm⁻¹ são indicativas de materiais inorgânicos, como argila e quartzo e, a vibração a 1636 cm⁻¹, pode ser atribuída a vibrações de C=O de carboxilatos e aromáticos segundo Haberhauer et al. (2000). As bandas de estiramento Si-O, se estendem de 1000 a 1200 cm⁻¹, onde seu dobramento mais significativo está em 1033 e 1103 cm⁻¹ e, a presença de fraca absorção no intervalo de 2930 a 2850 cm⁻¹ refere-se aos grupos metileno -CH₂- de hidrocarbonetos reportado por Pereira et al. (2006).

A similaridade entre os espectros, demonstra que os argilominerais presentes nas diferentes amostras provavelmente tem a mesma origem. Ou seja, os sedimentos depositados nos diferentes canais do estuário do Delta do Paraíba apresentam uma composição mineralógica em comum. Observa-se nos espectros pequenas raias entre 400 e 800 cm^{-1} , onde, segundo Almeida (2010), podem corresponder às vibrações de estiramento da ligação Mn-O, estas são pouco diagnósticas e sofrem intensa interferência das bandas dos silicatos. Também são observadas grandes raias entre 2900 e 3550 cm^{-1} . De acordo com Almeida (2010), referem-se a vibrações de estiramento e angular do grupo OH e que estão relacionadas à água adsorvida e à água de hidratação presente na argila

4. CONCLUSÕES

A análise granulométrica indicou que os sedimentos possuem características areno argilosas com a proporção de 14,31% de fração silte + argila e 77,11% de areia fina, o que foi confirmado pela análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV). As características dos sedimentos costeiros do Delta do Paraíba demonstram a predominância de sedimentos com granulometria fina e composição mineral de illita, caulinita e esmectita que podem ou não ser de origem autigênica. As amostras de sedimento que contém esses minerais apresentam diferenças nas quantidades de matéria orgânica variando entre 1,0 e 10,94% conforme a metodologia adotada.

Considerando os valores de referência indicados na resolução Conama nº 454/12 pode-se concluir que as concentrações de Cu, Cd, Cr, Pb e Zn, estão abaixo do limiar no qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota (Nível 1), enquanto que Pb e Ni superam este limite, porém não alcançam o limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota (Nível 2).

A identificação da natureza química dos sedimentos pela espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier demonstrou haver similaridade entre os espectros em diferentes amostras. Denota-se uma origem comum em função da ocorrência de bandas de absorção características nas diferentes amostras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte financeiro concedido pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FUNCAP, através de recursos do Bolsa de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e à Inovação Tecnológica – BPI (Processo nº: BP3-0139-00276.01.00/18). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Processo nº: 408363/2018-5) e a Universidade Federal do Cariri, pelas bolsas de iniciação científica concedidas através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, edital n.º 02/2018/PRPI – Chamada PIICT/CNPqUFCA.

REFERÊNCIAS

- [1] Alloway B.J. & Ayres, D.C. 1997. Chemical Principles of Environmental Pollution, Chapman and Hall: New York, 382 p.
- [2] Almeida, A.B. Caracterização química-mineralógica de minérios de manganês. 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- [3] Almeida, Alexandre Batista de. Caracterização química-mineralógica de minérios de manganês. 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- [4] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6502: Rochas e solos. Rio de Janeiro: Copyright, 1995. 18 p.
- [5] Belotti, Fernanda Maria. Capacidade de retenção de metais pesados pelo solo em área de implantação de estruturas de infiltração para águas pluviais urbanas em belo horizonte/mg. 2011. 161 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia, Departamento de Geografia, Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- [6] Biondi, C. M., Nascimento, C. W. A., Fabricio Neta, A. B., Ribeiro, M. R. (2011). Teores de Fe, Mn, Zn, Cu, Ni e Co em solos de referência de Pernambuco. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 35, 1057-1066.
- [7] Broadbent, F, E. The Soil organic fraction. Advances in Agronomy, New York, v.5, p.153-183,1953.
- [8] Carmo, D. L.; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, n.4, p.1211-1220, 2012.

- [9] Conama – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 454, de 1 de Novembro de 2012. de Paula Filho, F.J., Marins, R.V., Lacerda, L.D., Aguiar, J.E., Peres, T.F. 2015. Background values for evaluation of heavy metal contamination in sediments in the Parnaíba River Delta estuary, NE/Brazil. *Mar. Pollut. Bull.* 91(2), 424–428
- [10] Fadigas, F.S.; Amaral S., Nelson M.B.; Mazur, N.; dos Anjos, L.H.C.; Freixo, A.A. 2006. Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, n.3, p. 699-705.
- [11] Ferreira, A. P; Horta, M. A. P.; Cunha, C. L. N. 2010. Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, na água e nos órgãos de *Nycticorax nycticorax* (Garça-da-noite) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, Curitiba, v. 2, n. 10, p.229-241.
- [12] Galuszka, A. A review of geochemical background concepts and an example using data from Poland. *Environmental Geology*, v. 52, p. 861-870, 2007.
- [13] Haberhauer, G.; Feigl, B.; Gerzabek, M. H.; Cerri, C. 2000. FT-IR spectroscopy of organic matter in tropical soils: changes induced through deforestation. *Applied Spectroscopy*. v.54, n.2, p.221-224.
- [14] Heiri, O.; Lotter, A. F.; Lemcke, G. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, v.25, n 1, p.101-110.
- [15] Jackson, M. L. Análisis químico de suelos. 1. ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1982.
- [16] Lemes M.J.L., Figueiredo Filho P.M., Pires M.A.F. 2003. Influência da mineralogia dos sedimentos das bacias hidrográficas dos rios MogiGuaçu e Pardo na composição química das águas de abastecimento público. *Química Nova*, 26(1):13-20.
- [17] Loring, D. H.; Rantala, R. T. T. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. Elsevier Science Publishers B.V. v.32, n.4, p.235-283, 1992.
- [18] Matschullat, J., Ottenstein, R., Reimann, C. Geochemical background - can we calculate it? *Environmental Geology*, v. 39, p. 990-1000, 2000.
- [19] Ministério do Meio Ambiente – MMA (2006). Secretaria de Recursos Hídricos. Caderno da Região Hidrográfica do Parnaíba. Brasília: 2005.
- [20] Miranda, L.B.; Castro, B.M.; KJERFVE, B. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. 1.ed. EdUSP: São Paulo, 2002.
- [21] Nascimento, R. A.; Escobar, N. C. F.; Ferreira, S. L. C.; Mortatti, J.; Queiroz, A. F. S. Distribuição e origem da matéria orgânica em sedimento superficial do estuário do rio São Paulo, baía de todos os santos, Brasil. In: XVI Congresso Brasileiro de Geoquímica (CBGeop), Búzios - RJ, 2017.
- [22] Pereira, S. B.; de Lima, W. N.; El-Robrini, M. 2006. Caracterização química e aspectos geoquímicos relevantes da matéria orgânica de sedimentos em suspensão na foz do rio Amazonas. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais*. v.1, n.1, p.167-179.
- [23] Santos, J. M.; dos Santos, L. O.; Costa, J. A. S.; Menezes, L. C. S.; Holanda, F. S. R.; Bellin, I. C. 2015. Caracterização Geoquímica Orgânica e Inorgânica de Sedimentos de Manguezais do Estuário são Francisco, Sergipe. *Revista Virtual de Química*. v.7, n.6, p.2139-2153.
- [24] Walkley, A.; Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, Baltimore, v. 37, n. 1, p. 29-38,

Capítulo 8

Estimativa da produção de sedimentos e assoreamento do Açude Fogareiro - Ceará

Raylla Ferreira de Oliveira

Tiago Rodrigues Rocha

Alef Jakson Santos

Brennda Bezerra Braga

Resumo: O assoreamento é o principal problema que afeta os lagos e rios implicando na diminuição do volume de água utilizável. Este trabalho teve como objetivo avaliar a produção de sedimentos e a taxa do assoreamento no açude Fogareiro, Ceará. O estudo foi desenvolvido nesse açude, localizado na cidade de Quixeramobim, a partir de modelos matemáticos utilizados para estimar a erosão hídrica por unidade de área e tempo, a Equação Universal de Perda de Solo (USLE). O reservatório apresentou uma alta taxa de assoreamento, porém condizente com outros reservatórios com áreas de mesma ordem de grandeza. Para o reservatório estudado a produção média de sedimentos foi de 1.395.732 toneladas por ano, resultando em, 2 hm³ da capacidade armazenamento do açude foram perdidos devido ao assoreamento afetando a disponibilidade hídrica do reservatórios e, portanto, ser considerado nos planos de gestão de recursos hídricos.

Palavras-Chave: USLE, açudes, semiárido.

1. INTRODUÇÃO

O assoreamento é um problema que afeta os lagos e rios implicando na diminuição do volume de água utilizável, tendo como causa principal a água da chuva que transportam sedimentos em suspensão ou diluição e que são retidos através da sedimentação/decantação e pelo atrito com a superfície de fundo. Os sedimentos, sujeitos ao arrasto, são retidos na entrada do reservatório e nos afluentes formando um delta pluvial. Esses sedimentos são originados do solo exposto devido à retirada da vegetação e esgotamento do mesmo pelo uso inadequado, ocasionando o assoreamento dos reservatórios. (CABRAL, 2005).

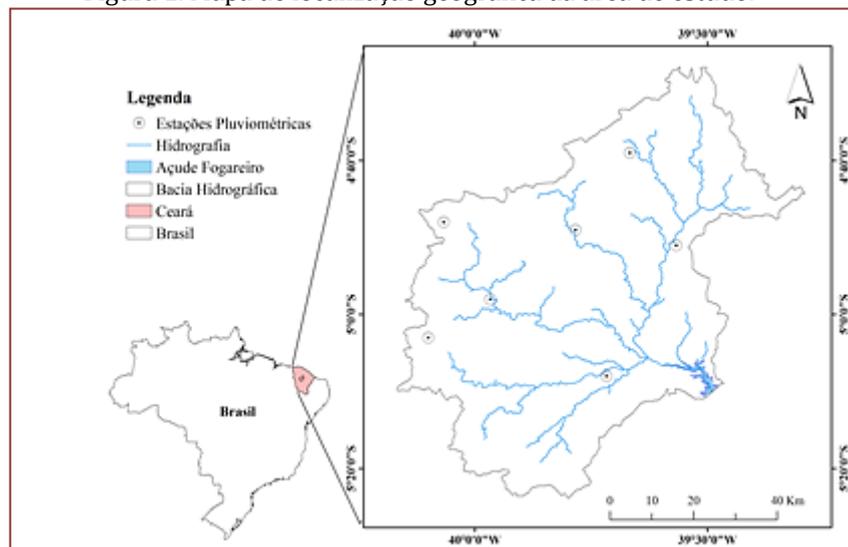
Silva (2006) ressalta que, boa parte do sertão nordestino abrange uma área semiárida, marcada pela escassez de chuvas, onde os índices de evaporação são mais intensos do que os de precipitação. Além disso, é formado predominantemente por rochas cristalinas, o que dificulta a infiltração da água e sua consequente captação, sendo que em períodos de seca ou estiagem, o êxodo rural se intensifica, alicerçado na ideia da inutilidade econômica do sertão (SILVA *et al.*, 2006).

Conforme Araújo (2006), a principal consequência da perda de volume por assoreamento é o aumento das perdas de água por evaporação e por extravasamento, devendo, portanto, ser determinado, para que haja manutenção da oferta de água para o abastecimento humano. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a produção de sedimentos e a taxa do assoreamento no açude Fogareiro, Ceará.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do açude Fogareiro, localizado na cidade de Quixeramobim, Ceará (Figura 01). O reservatório possui uma capacidade total de 118.820.000 m³, fazendo parte da bacia hidrográfica do rio Banabuiú, sendo a principal fonte de água de abastecimento do município.

Figura 1. Mapa de localização geográfica da área de estudo.



Dentre os modelos matemáticos utilizados para estimar a erosão hídrica por unidade de área e tempo, a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) é uma das mais usadas. Para o cálculo da produção de sedimentos na bacia por erosão laminar foi empregada a equação 1 desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978), conforme apresentado abaixo:

$$A = R.K.S.L.C.P \quad (1)$$

Em que: A é a estimativa de perda de solo em t ha⁻¹ ano⁻¹, R é erosividade da chuva em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, K representa a erodibilidade dos solos em t h MJ⁻¹.mm⁻¹, L é o fator relativo ao comprimento de declive

da encosta (adimensional), S representa o fator de declividade da encosta (adimensional), C é o fator relativo ao uso e manejo dos solos (adimensional), P o fator relativo à prática conservacionista adotada (adimensional).

O cálculo da USLE foi realizado através do uso de SIG (Sistema de Informações Geográficas), o que permitiu o processamento e a integração das informações de cada uma das variáveis envolvidas, apresentando o resultado na forma de mapas.

O fator de erosividade da chuva (R), foi calculado pelo método proposto por Bertoni e Lombardi Neto (1990), onde foram utilizados dados das chuvas de 1988 a 2018 de 7 postos pluviométricos inseridos na bacia (indicados na Figura 01). Para calcular a chuva média utilizou-se os métodos dos polígonos de Thiessen.

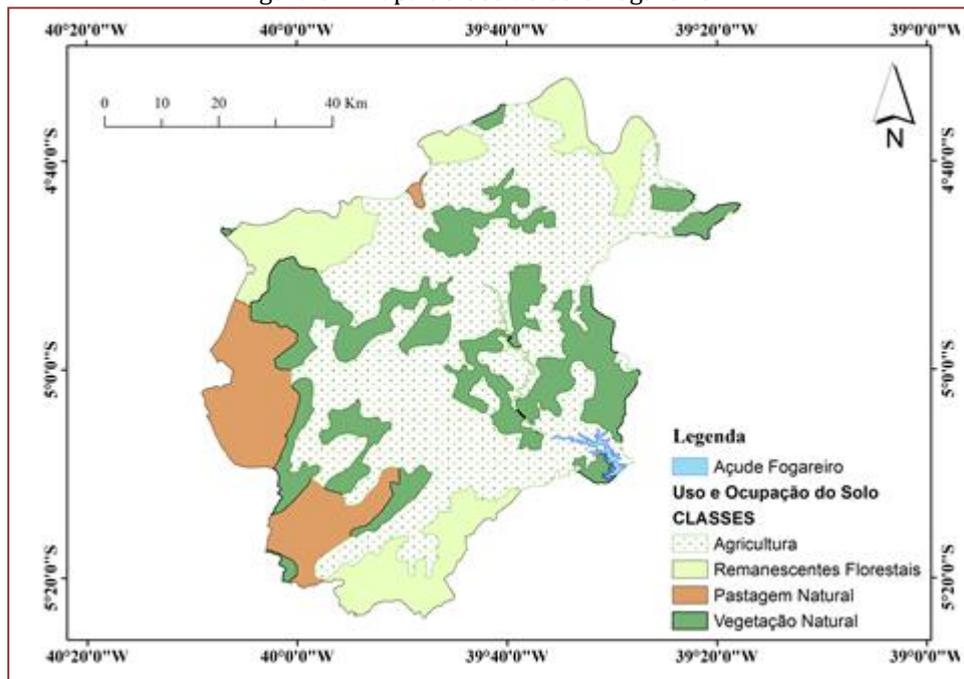
Para determinação do índice de erodibilidade do solo (K), proposto por Wischmeier e Smith (1978), foram coletadas amostras de solo para realização de análise granulométrica, permeabilidade e teor de matéria orgânica. Em seguida foi feita interpolação (utilizando SIG) dos pontos de coleta para obter a erodibilidade em toda a bacia hidrográfica.

O fator de comprimento e declividade das encostas (LS), foi determinado empregando-se metodologia de Bertoni e Lombardi Neto (1993), utilizando-se os dados do Modelo Numérico do Terreno (MNT) fornecidos pelo Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) da NASA.

Na área de estudo do presente trabalho não são adotadas práticas conservacionistas de controle da erosão hídrica, e, em função disso, foi atribuído o valor 1 para o Fator “P” (Prática de Conservação do Solo).

Para cálculo do Fator “C” utilizou-se o mapa de Uso e Ocupação do Solo da região estudada (Figura 2).

Figura 02. Mapa do Uso do Solo Fogareiro.



A USLE não pode ser aplicada diretamente no cálculo da produção de sedimentos, pois ela foi desenvolvida para o cálculo de erosões localizadas (lotes), não levando em consideração a deposição de sedimento ao longo do trajeto até o exutório. Para determinação da massa de sedimentos que chega no reservatório utilizou-se a equação de Maner. Por fim, para determinar o assoreamento total no reservatório, foi utilizada a seguinte equação:

$$\Delta V = \frac{PS \cdot \eta}{\rho_{dep}}$$

Onde: ΔV – volume assoreado do reservatório (m^3 /ano), PS – produção de sedimentos (ton/ano), η – coeficiente de retenção de sedimentos e ρ_{dep} – massa específica aparente do sedimento depositado ($1,3 t m^{-3}$).

O coeficiente de retenção (η) é dado pelo modelo de Brune:

$$\eta = 100(0,97^{0,19 \log(\frac{C}{VA})})$$

Em que: η – coeficiente de retenção de sedimentos (%), C – capacidade de acumulação do reservatório (m^3) e VA – volume afluente médio anual (m^3).

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do modelo apresentou valores similares aos valores encontrados na literatura para regiões de características semelhantes. Segundo a figura 2 o solo tem-se: agricultura em 43,7% da área, vegetação natural caatinga 25% área, pastagem 13,5%, remanescente florestal 11,33%, e área alagada 6,5%. Os resultados da análise das variáveis de entrada do modelo USLE, para determinação da erosão bruta na área de estudo estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados das variáveis de entrada para aplicação do modelo USLE.

Erosividade da chuva (R)	Erodibilidade do solo (K)	Comprimento e declive da rampa (LS)	Uso e manejo do solo (C)	Práticas Conservacionistas (P)
4854,9	-	6,958	0,067	1

Com a aplicação da USLE, verificou-se uma média de produção de sedimentos na bacia hidrográfica do reservatório Fogareiro de $27,6 t ha^{-1} ano^{-1}$. Como a bacia possui uma área de $50570 hm^2$, ou seja, 50.570 hectares, a produção média de sedimentos foi de 1.395.732 toneladas por ano.

Apesar da erosão hídrica produzir muitos sedimentos, apenas uma pequena parcela chega ao reservatório (9%). Isso se deve a baixa razão de aporte de sedimentos (SDR) da região de estudo. Em regiões semiáridas, as baixas pluviometrias e a variabilidade temporal das chuvas fazem com que a água não consiga transportar todo o sedimento gerado pela erosão, ficando este retido na vegetação ou em áreas de acumulação anteriores aos rios. Lopes *et al.* (2015), estudando a produção de sedimentos na bacia do açude Marengo, Ceará, observou um SDR de 11,69%. Já Araújo (2006) encontrou um SDR de 3,37% para o açude Boqueirão, açude Boqueirão, Ceará.

Desse total de sedimentos mobilizados, em média, apenas 125.615,8 toneladas por ano foram assoreadas. Toledo *et al.* (2010), também utilizando o modelo USLE indicou, para a bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, Ceará, uma produção de sedimento média por área da ordem $3,65 ton \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$. Os resultados obtidos neste estudo, também são compatíveis com a simulação realizada por Medeiros *et al.*, (2011), onde o mesmo estudando o padrão espacial da produção de sedimento na bacia hidrográfica do açude do Benguê, que fica aninhada com a bacia do Alto Jaguaribe, encontrou uma produção $4,6 ton \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$.

Avaliando o assoreamento do reservatório Fogareiro, verificou-se que, de 1996 a 2018, $2 hm^3$ da capacidade armazenamento do açude foram perdidos devido ao assoreamento. Isso equivale a uma perda total na capacidade de armazenamento hídrico de 2,8% da capacidade total a cada década. Os resultados encontrados neste estudo são similares aos encontrados por Araújo (2003), que observou uma redução da

capacidade de armazenamento de 0,24% ao ano, ou 2,4% década⁻¹, para o reservatório Várzea do Boi, Ceará (área de 1221 km²).

4.CONCLUSÕES

Tais resultados mostram que o assoreamento é um processo que afeta significativamente a disponibilidade hídrica de reservatórios superficiais, portanto, ser considerado nos planos de gestão de recursos hídricos. Para o reservatório estudado a produção média de sedimentos foi de 1.395.732 toneladas por ano, resultando em, 2 hm³ da capacidade armazenamento do açude foram perdidos devido ao assoreamento.

REFERÊNCIAS

- [1] Araújo, J.C. Assoreamento em Reservatórios do Semí – Árido: Modelagem e Validação. Revista Brasileira de recursos hídricos, v. 8, p. 39 – 56, 2003.
- [2] Araújo, J.C.; Güntner, A.; Bronstert, A. Loss of reservoir volume by sediment deposition and its impact on water availability in semiarid Brazil. Hydrological Sciences - Journal des Sciences Hydrologiques, v. 51, n. 1, 2006.
- [3] Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. Conservação do solo. São Paulo. 3. ed. Editora: Ícone. 1993. 355p.
- [4] Cabral, J.B.P Estudo do processo de assoreamento em reservatórios. Caminhos da geografia, v.1 p 62-69. 2005.
- [5] Lopes, F.B.; Andrade, E.M.; Teixeira, A.S.; Caitano, R.F.; Chaves, L.C.G. Uso de geoprocessamento na estimativa da perda de solo em microbacia hidrográfica do semiárido Brasileiro. Revista Agro@mbiente On-line, v. 5, n. 2, p. 88 – 96, 2011.
- [6] Machado, Daniel Okamoto; Alves Sobrinho, Teodorico; Ribeiro, Aline da Silva. Erosividade da chuva para o bioma pantanal. **Scielo**, Sao Paulo, p.195-201, 2014.
- [7] Medeiros, P.H.A.; Guntner, A.; Francke, T.; Mamede, G.L.; Araujo, J.C. Modelling spatio-temporal of sediment yield and connectivity in a semi-arid catchment with the Wasa-Sed model. Hydrological Sciences Journal, v. 55, p. 636 – 648, 2010.
- [8] Nascimento, A. T. P.; Pereira, B. S.; Medeiros, P. H. A. Revisão dos valores do fator de cobertura vegetal da USLE para condições brasileiras. In: XI Enes - Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 11, 2014, Anais..., João Pessoa.
- [9] Toledo, C.E.; Santos, A.T.; Araújo, J.C.; Almeida, C.R.; Lopes, J.W.B. Produção espacial de sedimento aplicando a USLE e o SIG em uma bacia hidrográfica semiárida. In: Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 9., 2010, Brasília. *Anais...*
- [10] Brasília: ABrh. 1 CD.
- [11] Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. In: Agriculture handbook (537). Washington, United States Department of Agriculture. 1978.

Capítulo 9

Variação temporal da evapotranspiração da Chapada do Apodi – CE

*Ana Claudia Gomes da Silva
Solerne Caminha Costa*

Resumo: A evapotranspiração é de suma importância em áreas onde a precipitação é baixa ou irregular, auxiliando no manejo adequado da irrigação, diminuindo as perdas de água e melhorando o desenvolvimento das culturas. Objetivou-se analisar e determinar a variação da taxa de evapotranspiração no decorrer dos anos (2013-2017). O trabalho foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia campus Limoeiro do Norte. Foram coletados os dados meteorológicos médios semanais e mensais na estação convencional. Submetendo-os a fórmula de Penman-Monteith, realizou-se a comparação entre os mesmos ao longo dos anos. Observou-se que a variação da evapotranspiração (ET_0) está diretamente ligada a temperatura (T) e a umidade (UR), onde, ocorrendo o aumento da temperatura ocorria o aumento da taxa de ET_0 , porém, quanto maior a umidade menor a taxa de ET_0 . Ocorreram variações ao longo do ano apresentando menores taxas de ET_0 nos primeiros meses, período chuvoso, e maiores nos últimos meses, período seco, devido a elevada T e diminuição da UR. A T e a UR influenciam diretamente na variação da ET_0 ocorrendo um aumento na quantidade de evapotranspiração com o passar dos anos.

Palavras-Chave: Irrigação. Temperatura. Umidade.

1. INTRODUÇÃO

A água é considerada um recurso natural cada vez mais escasso. Há um entendimento generalizado da escassez dos recursos hídricos, devido ao seu uso indiscriminado. Assim, se não forem tomadas medidas do atual modelo de uso da água, teremos problemas sérios a médio e até mesmo a curto prazo. As avaliações dos meios científicos mostram problemas relacionados aos recursos hídricos enfrentados em diversas partes do mundo (RIBEIRO; ROLIM, 2017).

A disponibilidade hídrica é, então, um fator que deve ser planejado de maneira detalhada e com manejo intensivo principalmente na região do cerrado e caatinga, por isso é de grande importância as pesquisas que buscam identificar e quantificar a quantidade de água que causa respostas significativas nas culturas levando em consideração as condições ambientais, contribuindo para o desenvolvimento de técnicas visando minimizar os efeitos do ambiente na produção agrícola, já que a água é indispensável ao desenvolvimento vegetal, sendo importante em todos os estágios vegetativos da planta (RIBEIRO; ROLIM, 2017).

A baixa pluviosidade, altas temperaturas e altas taxas de evaporação podem representar dificuldades para os pequenos agricultores das zonas rurais do Nordeste do Brasil. Uma das alternativas para se racionalizar o uso da água em projetos agrícolas, é estimar a ETc a partir da evapotranspiração de referência (ET₀) (ESTEVEZ et al., 2010; CARVALHO et al., 2011; TRAJKOVIC et al., 2011; MINUZZI et al., 2014). Assim, o conceito de evapotranspiração potencial, sendo o mais significativo avanço no conhecimento dos aspectos da umidade climática, foi introduzido em 1944 por Thornthwaite, quando trabalhava com problemas de irrigação, no México (MATHER, 1958).

A evapotranspiração potencial (ET_p) passou a ser considerada, como a chuva, um elemento meteorológico padrão, fundamental, representando a chuva necessária para atender às carências de água da vegetação. A estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀) é de grande importância para a gestão dos recursos hídricos, para a previsão da produção agrícola, para a programação de irrigação e para a resolução de problemas no domínio da hidrologia e meteorologia (GOCIC; TRAJKOVIC, 2010).

A determinação da variação de evapotranspiração durante os anos irá mostrar se houve ou não um aumento na perda de água dos vegetais para a atmosfera, e quais os fatores que influenciaram nessa mudança, se houve um aumento na temperatura ou variação na precipitação (umidade), o mesmo pode ajudar os produtores da região no melhor manejo da irrigação, já que existe a problemática da utilização de dados considerados padrões geralmente pegos na literatura, diminuído o desperdício de água já que a mesma já está tão escassa devido à baixa taxa de precipitação, além do fato de disponibilizar dados da própria região, possibilitando resultados mais precisos, por isso a importância de condensar e disponibilizar esses dados para a comunidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os todos os dados médios das semanais (estação convencional) e mensais (estação automática) coletados na estação convencional da Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia campus Limoeiro do Norte, localizada na Chapada do Apodi. Cujas posições geográficas do local é: 05°06'S, 37°52'W, 151 m de altitude. O clima, segundo a classificação de Koppen, pode ser classificado como Bsh, ou seja, seco, muito quente. A precipitação é de 720 mm distribuídos irregularmente ao longo do ano.

Os elementos climáticos utilizados foram a Umidade Relativa do ar (UR), velocidade do vento, Temperatura (T) do ar e insolação. As estimativas da Evapotranspiração de Referência Diária (ET₀) foram obtidas pelo modelo de Penman- Monteith FAO 56, usando a seguinte fórmula para a determinação da ET₀:

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \quad (1)$$

R_n: radiação líquida; G : fluxo de calor do solo; (e_s - e_a):déficit de pressão do vapor no ar; ρ_a : densidade média do ar a pressão constante; c_p : calor específico do ar; Δ : declividade da curva da relação entre a pressão de saturação do vapor e temperatura média do ar; γ : constante de psicrométrica; r_s e r_a são as (espessura) resistências de superfície e aerodinâmicas.

Utilizou-se os dados da estação referentes a UR, em kilopascal (kPa), máxima e mínima (%), determinados através dos dados psicrométricos (termômetros de bulbo molhado e seco em °C). A velocidade do vento média diária, em metros por segundo ($m\ s^{-1}$) através do anemômetro. A T máxima e mínima diária em graus Centígrado °C, utilizando os termômetros de máxima e mínima, (obtidos diariamente). A radiação diária líquida (média) expressa em megajoules por metro quadrado por dia ($MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$), através do actinógrafo e a insolação medida através de heliógrafo,

Realizou-se um levantamento semanal e mensal desses dados coletados na estação, onde os mesmos foram submetidos a formula de Penman-Monteith, e após a obtenção dos resultados foram feitas as comparações entre os mesmos ao longo dos anos (2013-2017). Para a obtenção desses resultados, valores da evapotranspiração mensal e anual, utilizou-se o Excel como ferramenta de auxílio para a obtenção dos valores médios e finais de cada mês a ano.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando avaliados individualmente cada um dos fatores observou-se que a variação da evapotranspiração (ET_0) está diretamente ligada com a variação de T, como mostrado nas figuras abaixo, onde quando ocorria o seu aumento, ocorria o aumento da ET_0 , esse aumento pode ser explicado devido da maior incidência solar, influenciando na perda de água do solo e plantas.

Figura 1. Gráfico variação do ano de 2013

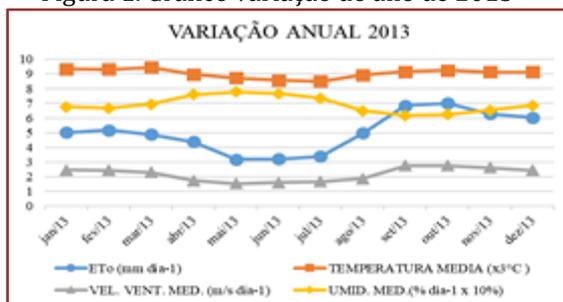
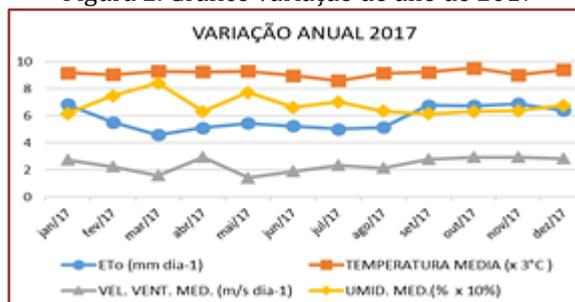


Figura 2. Gráfico variação do ano de 2017



Quando relacionada a variação ET_0 com a UR, observou-se que quanto maior a UR, menor era a taxa de ET_0 , em contrapartida quando a UR apresentava valores menores a quantidade de ET_0 quantificada era maior, esses resultados explicam-se pelo fato de as plantas e o solo tenderem a perder água para o meio quando expostas a ambientes de baixa UR, buscando o equilíbrio, em períodos úmidos ocorre menos perda de água pelas plantas e o solo, pois a liberação de água não é elevada devido ao ambiente já apresentar uma boa quantidade de água no meio.

Figura 3. Variação de umidade ao decorrer do ano de 2016 (multiplicar o valor da umidade do gráfico por 10 o resultado é o valor real).

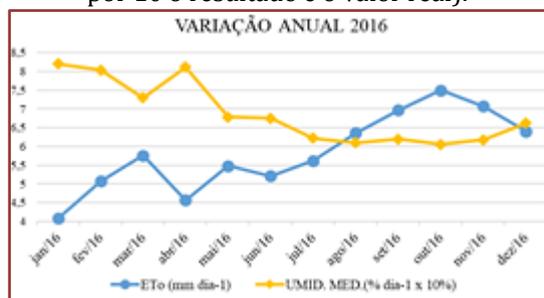
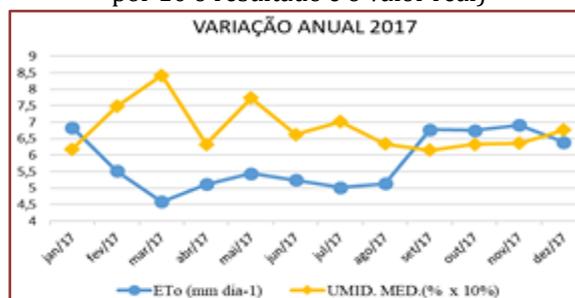


Figura 4. Variação de umidade ao decorrer do ano de 2017 (multiplicar o valor da umidade do gráfico por 10 o resultado é o valor real)



No ano de 2016 a média anual de UR era de 68,8%, porém, no ano de 2017 essa média foi um pouco menor, 68,125%, podendo ser explicado pelo fato da ocorrência de precipitação ter sido menor aumentando a taxa de evaporação de água para a atmosfera, diminuindo cada vez mais os reservatórios de água na região.

As maiores taxas de UR se concentram nos primeiros meses do ano, onde existe maior presença de água na atmosfera e maior presença de nuvens, devido ser caracterizado pelo período chuvoso da região, nesse período a necessidade de irrigação é bem menor quando comparado com o período de junho a dezembro, onde a umidade está mais baixa necessitando de mais disponibilidade de água para o plantio.

A variação da ET_0 também apresentou influência da incidência do vento, como observado na figura 5, onde tem variação positiva, ocorrendo o aumento da taxa de ET_0 quando ocorre o aumento da velocidade média do vento, isso porque esse vento leva a umidade presente em uma área aumentando a evapotranspiração.

A variação média anual (figura 5) ao passar dos anos teve variação relevante, onde, observando a figura 6, ocorreu um aumento de 0,781 mm/dia no decorrer dos anos de 2013 a 2017. Quando observamos a variação da ET_0 no decorrer dos anos, 2013 a 2017, nota-se que no ano de 2013 a taxa foi bem menor quando comparado aos valores dos anos seguintes, isso ocorre devido no ano de 2013 a precipitação ter sido maior que nos outros anos.

Figura 5. Gráfico de variação da incidência do vento

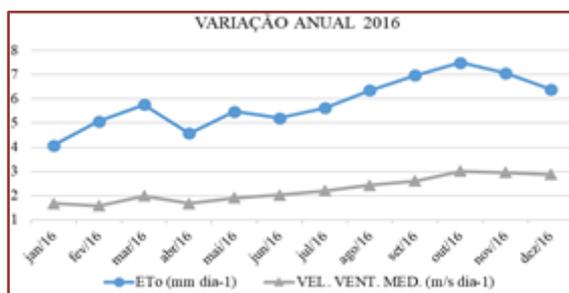


Figura 6. Gráfico variação média da ET_0 dos últimos 5 anos.



A ET_0 tem aumentado desde então, em contrapartida a precipitação tem sido bem menores, onde os últimos 4 anos vem sendo conhecidos como anos de seca, diminuição de reservatórios de água e de umidade relativa.

Na figura 7 observa-se menores taxas de ET_0 nos primeiros meses do ano em todos os anos, devido ao período chuvoso e a presença de nuvens influenciando na incidência solar, UR e T, porém nos últimos meses a taxa de ET_0 apresentou ser maior, como é o esperado pelo fato da diminuição da precipitação e cobertura pelas nuvens, conseqüentemente aumentando a incidência solar e temperatura, e diminuindo a umidade relativa.

Esses dados são importantes no momento de irrigação das plantas, pois, a exigência por água das mesmas tem aumentado desde então, e o conhecimento da evapotranspiração de referência é um meio de conhecer essa necessidade, além de possibilitar o uso racional e responsável desse recurso, que nos últimos anos vem sendo mais escasso.

Figura 7. Variação entre os anos de 2013 até 2017



4.CONCLUSÕES

Conclui-se com esse trabalho que a ET_0 está diretamente ligada com a taxa de temperatura, umidade e velocidade média do vento, e que ocorreu um aumento na quantidade de evapotranspiração com o passar dos anos (2013-2017), mostrando um aumento na exigência de irrigação pelas plantas.

REFERÊNCIAS

- [1] Carvalho, Luiz Gonsaga de et al. Evapotranspiração De Referência: Uma Abordagem Atual De Diferentes Métodos De Estimativa. Goiania: Agropec, 2011.
- [2] Esteves, B. S.; Mendonça, J. C.; Sousa, E. F.; Bernardo, S. Avaliação do Kt para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) em Campos dos Goytacazes, RJ. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 3, p. 274-278, 2010.
- [3] Gocic, M.; Trajkovic, S. Software for estimating reference evapotranspiration using limited weather data. Computers and Electronics in Agriculture, v. 71, p. 158-162, 2010.
- [4] Mather, J.R. Preface. Centerton, N.J., 1958, p. 247-248. (Publications in Climatology, v. XI, n.3).
- [5] Minuzzi, R. B.; Ribeiro, A. J.; Silva, D. O.; Kuneski, A. C. Estimativa da evapotranspiração de referência diária por Penman-Monteith FAO com dados de temperatura do ar para Santa Catarina. Irriga, v. 19, n. 3, p. 548-558, 2014.
- [6] Ribeiro, L. G. G.; Rolim, N. D. Planeta água de quem e para quem uma análise da água doce como direito fundamental e sua valoração mercadológica. Revista Direito Ambiental e sociedade, v. 7, n. 1, 2017 (p. 7-33)
- [7] Trajković, S.; Stojnić, V.; Gocić, M. Minimum weather data requirements for estimating reference evapotranspiration. Architecture and Civil Engineering, v. 9, n. 2, p. 335-345, 2011.

Capítulo 10

Desenvolvimento de aplicação móvel (SIAGRO) para coleta de dados de umidade do solo

Ayrton Rogério da Silva Gomes
Marcos Adriano de Souza
Ana Claudia Davino dos Santos
Rebeca Micaela da Silva
Luiz Carlos da Silva Junior
Felipe Douglas dos Santos Alencar

Resumo: O presente estudo teve como objetivo desenvolver e validar uma aplicação móvel (SIAGRO) que auxilie no monitoramento da umidade no solo. Para o desenvolvimento do Hardware foi utilizada a placa microprocessadora Arduino, o Sensor de Umidade do Solo (Higrômetro) e o Módulo Ethernet Shield W5100. A programação do Arduino foi feita através do software IDE, o desenvolvimento do aplicativo foi realizado no Android Studio e como banco de dados foi utilizado o Firebase. A aplicação móvel apresentou interface de fácil compreensão demonstrando dados de umidade do solo de acordo com o índice de atualização, como também os históricos de dados de umidade máxima e mínima registrados. Os dados de umidade do solo enviados para o SIAGRO podem proporcionar uma irrigação inteligente, garantindo uma economia hídrica, beneficiando principalmente agricultores de regiões com escassez hídrica, como o semiárido brasileiro.

Palavras-Chave: Automação; Irrigação; Economia hídrica.

1. INTRODUÇÃO

Apesar do Brasil apresentar 14% das águas continentais do mundo (BICUDO, TUNDISI, SCHEUENSTUHL, 2010), essa não possui uma distribuição homogênea. Com a região semiárida brasileira apresentando uma baixa disponibilidade de recursos hídricos, isso é ocasionado por um baixo índice pluviométrico nesta região de 800 mm/ano, com chuvas concentradas em poucos meses do ano e alta evaporação de 2000 mm/ano (SOARES & CAMPOS, 2013; MOURA et al., 2007; BARROS & PORDEUS, 2016)

A maior parte dos rios dessa região são temporários ou intermitentes secando durante determinados períodos do ano (GANDARA, 2015), inviabilizando cultivos agropecuários de maneira contínua durante todo o ano (MARTINS; ALVALA; TOMASELLA, 2014).

Pensando em solucionar a problemática da escassez de água no semiárido nordestino, otimizando o seu uso, propusemos neste trabalho o desenvolvimento de um App (aplicação desenvolvida para dispositivos eletrônicos móveis, como tablets e smartphones) que associado a um sensor de umidade do solo possa de maneira automatizada realizar a irrigação de pequenos agricultores, sendo todo o sistema de automação de baixo custo, para isso utilizaremos a placa Arduino, que é uma placa de microprocessamento capaz de receber informações de diversos sensores, e envia-las para uma aplicação Web capaz de receber, armazenar e compartilhar esses dados com uma aplicação móvel.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O desenvolvimento do SIAGRO, uma aplicação móvel para controle irrigatório de cultivos, foi realizado em ambiente concedido pelo laboratório de Energia, Física e Matemática pertencente a Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST).

2.2. PLACA ARDUÍNO

O Arduino é uma plataforma de código e design *Open Source*, baseada em hardware e software que possui uma experiência do usuário simples e acessível. Com o auxílio de sensores, o arduino é capaz de receber vários tipos de entradas de dados, podendo assim controlar seus arredores, seja controlando luzes, motores ou outros tipos de atuadores. Além disso, as vantagens de sua utilização incluem: baixo custo, versatilidade, ambiente de programação simples e claro, automação na coleta de dados, uma alta variabilidade de sensores que medem diversos parâmetros, fácil utilização e uma vasta literatura abordando a sua utilização e a montagem de seus sensores. A alimentação do Arduino é feita através de uma porta USB que pode ser conectada a um computador (Desktop ou notebook), ou através de uma fonte. O arduino foi responsável pelo controle da leitura de umidade e o envio das informações para o servidor web.

2.3. SENSORES E MÓDULOS

Foram utilizados o Sensor de Umidade (Higrômetro) e o Módulo Ethernet Shield W5100. O Sensor de Umidade do Solo (Higrômetro), tem como função detectar as variações de umidade no solo, podendo ser usado tanto no solo quanto diretamente na água. O módulo Ethernet Shield W5100 possui a capacidade de tornar as informações vindas do arduino acessível tanto rede local como também pode ser conectado à internet permitindo o seu monitoramento de qualquer lugar do mundo, permitindo o controle de sensores ou envio de informações remotamente.

2.4. LINGUAGEM E AMBIENTES DE PROGRAMAÇÃO

A programação da placa arduino é realizada através da IDE própria do Arduino utilizando a linguagem de programação fundamentada em C/C++. Para desenvolvimento do aplicativo SiAgro foi utilizado a linguagem de alto nível Java, nativa para dispositivos Android, o ambiente de desenvolvimento integrado utilizado foi o Android Studio disponibilizado pela JetBrains.

2.5. FIREBASE REALTIME DATABASE

O Firebase é um banco de dados hospedado em nuvem com vastos recursos como sincronização de dados em tempo real, caso as aplicações que utilizam o Firebase perca a conexão com a internet os seus dados não estarão perdidos, pois os apps do Firebase permanecem responsivos mesmo sem conexão, com isso, assim que a conexão for restabelecida todas as alterações são sincronizadas com o atual estado do servidor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

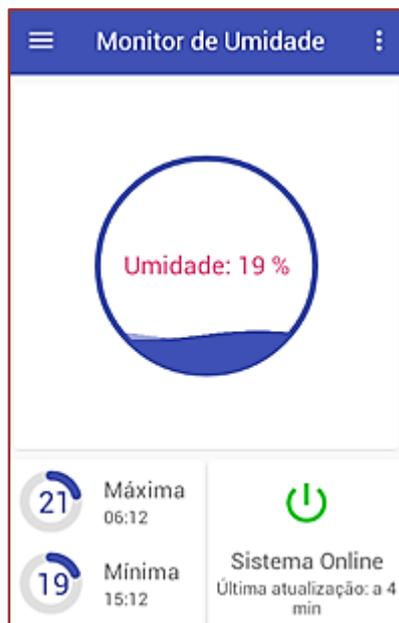
Através do Arduino em conjunto com o sensor foi feita a leitura da umidade presente no solo, os dados do sensor foram enviados para um servidor que por sua vez compartilhou a informação com o FireBase, o mesmo é quem armazena e envia os dados instantaneamente para todos os dispositivos conectados. Os dados ficam armazenados na nuvem e no aplicativo, podendo ser acessadas a qualquer momento, necessitando apenas de uma conexão com a internet.

Figura 1. Esquematização do funcionamento do SIAGRO desde a coleta de dados de umidade no solo no campo ao recebimento dos dados em um dispositivo móvel.



Figura 2. Interface gráfica do App SIAGRO demonstrando dados de umidade de acordo com o índice de atualização e histórico de máxima e mínima umidade coletados.





Com toda essa informação em mãos, o usuário poderá tomar decisões de forma ágil e confiável, tudo isso em tempo real. Por meio do aplicativo móvel é possível controlar uma bomba hídrica, ou quaisquer dispositivos, com a vantagem de que o controle está além das barreiras físicas e a qualquer tempo, precisando apenas de uma conexão com a internet e smartphone.

4. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do SIAGRO proporciona inúmeras possibilidades de obter informações e o controle irrigatório de cultivos em tempo real de forma rápida, prática e com um alto nível de precisão. Com esse controle, os desperdícios hídricos serão minimizados, fazendo com que a escassez desse recurso na região semiárida seja utilizado de forma otimizada com uma irrigação inteligente, precisa e com um baixo custo de aquisição. A economia hídrica e energética ocasionada com o SIAGRO traz benefícios importantes para a vida financeira dos agricultores do semiárido com o uso desse dispositivo.

REFERÊNCIAS

- [1] Barros, J. D. B.; Pordeus, A. V. Agricultura no semiárido brasileiro: desafios e potencialidades na adoção de práticas agrícolas sustentáveis. IN: Congresso internacional da Diversidade do Semiárido, 1., 2016, Campina Grande-PB. Anais... Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/trabalho_EV064_MD1_SA3_ID54_26082016222647.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2018.
- [2] Bicudo, C. E. M.; Tundisi, J. G.; Scheuenstuhl, M. C. B. ÁGUAS DO Brasil: Análises Estratégicas. 1 ed. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. 224p.
- [3] Gandara, G. S. Rios nossos que estão no sertão! São Francisco e Parnaíba. Disponível em: <<http://journals.openedition.org/confins/10150>>. 20 dez. 2018.
- [4] Martins, M. A.; Alvalá, R. C. S.; Tomasella, J. Modelos de produtividade agrícola aplicados à agricultura de sequeiro: Limitações e Vantagens para avaliação de colapso de safras. Agropecuária Científica no semi-árido, v. 10, p. 41-48, 2014.
- [5] Moura, M. S. B.; Galvêncio, J. D.; Brito, L. T. L.; Souza, L. S. B.; SÁ, I. I. S.; Silva, T. G. F. Clima e água de chuva no Semi-Árido. In: Brito, L.T.L.; Moura, M. S. B.; Gama, G. F. B. Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro, v. 1, p. 37-59, 2007.
- [6] Soares, R. B.; Campos, K. C. . Uso E Disponibilidade Hídrica no Semiárido do Nordeste do Brasil. Revista de Política Agrícola, 2013.

Capítulo 11

Desenvolvimento de Casa de Vegetação automatizada em pequena escala

Rebeca Micaela da Silva

Ana Claudia Davino dos Santos

Mário Henrique Bento Gonçalves e Oliveira

Luiz Carlos da Silva Junior

Resumo: A menor disponibilidade de água do semiárido brasileiro, causada pela baixa e irregular pluviosidade anual, aliada a alta taxa de evaporação anual, é um fator limitante para o cultivo de diversas culturas. Como uma possibilidade de amenizar essa problemática objetivou-se desenvolver um protótipo de uma Casa de Vegetação Automatizada (CVA) em pequena escala, a baixo custo e que possa ser aplicada e adaptada aos cultivos em maior escala principalmente por pequenos agricultores da região semiárida brasileira. A estrutura da CVA foi construída utilizando-se de materiais isolantes. Para controlar os parâmetros de temperatura, luminosidade, fotoperíodo, umidade do ar e do solo e a coleta de dados, foi utilizada a placa de microprocessamento Arduino. Com o sistema de controle de temperatura foi obtida uma diminuição em relação à temperatura ambiente (27,75 °C) de cerca de 7,25°C e um aumento de 51,44°C. O fotoperíodo e a irrigação podem ser definidos conforme as especificações do experimento e o valor gasto para a construção da CVA ficou a baixo de R\$150,00. O experimento possui potencial de ser recriado e adaptado para uma escala real, pois apresentou controle de temperatura, fotoperíodo, umidade e irrigação satisfatórios.

Palavras-Chave: Temperatura; Irrigação; Fotoperíodo.

1. INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro possui uma evaporação média anual de 2000 mm, superior a precipitação média anual de 800 mm (MOURA et al., 2007), ter um clima que beneficie o cultivo de uma grande diversidade de culturas é algo inviável, pois devido ao baixo índice pluviométrico os reservatórios de água não conseguem atingir uma capacidade satisfatória para serem utilizados no consumo humano e na irrigação simultaneamente.

A utilização de tecnologias adequadas que automatize os cultivos agrícolas é pouco observada em pequenos agricultores da região semiárida, essa falta de tecnologia no campo se dá pelo alto custo da mesma, inviabilizando seu uso pelo pequeno agricultor, uma vez que esse apresenta-se na maioria das vezes em situações socioeconômicas vulneráveis, além de que para a implantação de tais sistemas tecnológicos, se faz necessário o uso de mão de obra técnica especializada (CUNHA & ROCHA, 2015; BARROS & PORDEUS, 2016).

Tendo em vista essa grande problemática as culturas predominantes nessa região são as culturas de sequeiro, que não possuem irrigação e são altamente dependentes da precipitação local, limitando os agricultores a cultivarem suas culturas em intervalos de meses curtos e bem localizados (MARTINS; ALVALÁ; TOMASELLA, 2014).

Diante desse contexto, objetivou-se desenvolver um protótipo de uma Casa de Vegetação Automatizada (CVA) a baixo custo, ou seja, um ambiente capaz de controlar a temperatura, umidade e irrigação, fazendo uso de uma placa de automação denominada Arduino.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do protótipo da Casa de Vegetação automatizada foi realizado no espaço disponibilizado pelo laboratório de Energia, Física e Matemática, localizado entre as coordenadas geográficas 7°57'19.3"S e 38°17'45.2"W, pertencente a Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/ UAST).

Para a construção do protótipo de CVA foram utilizados três materiais isolantes: primeiramente a madeira que funciona como um bom isolante térmico, essa propriedade se deve a celulose ser um mal condutor de calor, além da estrutura do xilema ser porosa com inúmeros espaços contendo ar, que também é um ótimo isolante térmico (MADY, 2008); em segundo o poliestireno expandido conhecido no Brasil por sua marca registrada pela empresa Knauf Isopor Ltda como Isopor®, a baixa condutividade térmica do isopor® é garantida pelo mesmo ser constituído por 2% de poliestireno e 98% de ar (NAVROSKI, 2010), a condutividade térmica do ar é de $Kar (seco) = 0,026 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009), caracterizada como baixa em comparação a outros materiais bons condutores de calor e por último o EVA (Etileno Acetato de Vinila) como isolante térmico e impermeabilizante.

Figura 1. Representação esquemática do interior do protótipo da Casa de Vegetação automatizada, demonstrando os sistemas de refrigeração, aquecimento e iluminação.



Para realizar a regulação dos parâmetros de temperatura, iluminação, fotoperíodo e irrigação, foi utilizada uma placa Arduino conectada a sensores capazes de mensurar esses parâmetros, e equipamentos capazes de executarem respostas aos dados capturados pelos próprios sensores. O Arduino apresenta Software e Hardware com código e design abertos, que podem ser modificados sem custos adicionais, além disso, as vantagens de sua utilização incluem: versatilidade, automação na coleta de dados, uma alta variabilidade de sensores que medem diversos parâmetros, fácil utilização e uma vasta literatura abordando a sua utilização e a montagem de seus sensores.

O controle de temperatura foi realizado por dois sistemas: O primeiro para resfriar o interior da CVA, foi formado por placas cerâmicas paralelas localizadas na parte superior, colocadas em contato direto com água a uma temperatura menor que o ambiente, no qual o calor do sistema foi transferido para a água, a cerâmica possui microporosidades, funcionando como isolante térmico, diminuindo a variação de temperatura e também retém água o que promove o resfriamento da cerâmica. O segundo para aquecer, no qual foram utilizadas lâmpadas incandescentes localizadas na parte inferior da caixa que terão a função de fornecer calor ao ambiente, pois essas utilizam 8% da energia utilizada para produzir luz e os 92% restantes são transformados em calor (fenômeno conhecido como Efeito Joule) (INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2019).

O fotoperíodo foi regulado através da ativação e desativação das luzes por um relê controlado também pelo Arduino.

A medição da umidade Relativa do Ar (UR) ficou a cargo do sensor DHT11, enquanto em uma macroescala a UR seria controlada utilizando climatizadores de ar e aspersores, ambos podem ser acionados através de relês quando a UR estiver a baixo do valor predeterminado.

Em uma microescala a irrigação foi controlada através de uma bomba de água submersível de 12V, conectada a uma mangueira de PVC (*Polyvinyl Chloride*) transparente maleável com 0,8 cm de diâmetro. Para determinar a necessidade de irrigação do substrato em que a planta está inserida foi utilizado um sensor capacitivo de umidade do solo (SANTOS, 2018). A lâmina de irrigação será determinada de acordo com a necessidade hídrica do cultivo, utilizado pelo agricultor. O controle da irrigação em uma escala real será dado através de Válvula de Vazão Solenóide de Água 12V.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A CVA a uma temperatura ambiente de 27,75 °C teve como temperatura mínima 20,5 °C e temperatura máxima 71,94 °C, variando 7,25 °C para menos e 51,44°C para mais que a temperatura ambiente. Câmaras de Crescimento Vegetal (CCV) comerciais, utilizadas também para gerar ambientes com parâmetros controlados, geralmente apresentam uma faixa de temperatura que varia de 2/40°C (SGC 120) ou 10-45 °C (MA535/36).

Foram realizados testes em relação à quantidade de tempo decorrido para manter a temperatura em faixas fixas, esses resultados são demonstrados na Tabela 1, é possível observar que o tempo decorrido para resfriar o ambiente é consideravelmente maior em comparação ao para aquecer o ambiente, isso se dá, pois se for levada em consideração uma mesma variação de tempo, as lâmpadas incandescentes dissipam uma maior quantidade de calor do que o sistema de resfriamento conseguiria retirar do ambiente.

Tabela 1. Tempo decorrido para manter a temperatura no interior da Casa de Vegetação Automatizada em faixas fixas.

Faixa de temperatura	Tempo decorrido	
	Aquecer	Resfriar
25-30 °C	03m 01s	11m 46s
26-30 °C	02m32s	08m 06s
27-30 °C	02m 06s	06m 14s
28-30 °C	01m 38s	04m 24s
29-30 °C	01m 05s	02m 41s

A flutuação da temperatura fora das faixas fixadas foi de +0,31°C e - 0,06 °C, em todas as faixas, câmaras comerciais que controlam o intervalo de temperatura apresentam variações de 0,3 (SGC 120) e 1°C (MA535/36).

O fotoperíodo, umidade relativa do ar e umidade solo, podem ser regulados de acordo com a necessidade do utilizador da CVA, não foram propostos valores para essas grandezas, pois as mesmas variam de experimento para experimento.

A CVA apresentou um custo de R\$ 881,65, um valor irrisório em comparação aos valores de CCVs comerciais, utilizadas para aplicações similares, que podem chegar a R\$90.000,00 ou valores maiores dependendo de suas especificações.

4. CONCLUSÕES

O experimento atendeu ao proposto para criação de uma câmara de CVA a baixo custo, possibilitando o controle de temperatura em uma faixa de 20,5 a 71,94 °C. Foi possível manter faixas de temperaturas fixas e com flutuações satisfatórias, pois foram iguais ou até mesmo menores do que as de câmaras comerciais. O controle de irrigação e fotoperíodo foram regulados de acordo com a necessidade do utilizador da CVA.

O experimento em nível de protótipo possui indícios de que possui o potencial de ser executado em escala real, pois apresentou controle dos parâmetros de fotoperíodo, umidade e irrigação satisfatórios. Entretanto são recomendadas melhorias no sistema de refrigeração, para que possa atingir temperaturas menores, enquanto o de aquecimento se apresentou satisfatório em comparação com as CCVs comerciais.

REFERÊNCIAS

- [1] Barros, J. D. B.; Pordeus, A. V. Agricultura no semiárido brasileiro: desafios e potencialidades na adoção de práticas agrícolas sustentáveis. IN: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 1., 2016, Campina Grande-PB. Anais... Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/Trabalho_EV064_MD1_SA3_ID54_26082016222647.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2018.
- [2] Cunha, K. C. B.; Rocha, R. V. Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma arduíno. Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, v. 1, p. 62-74, 2015.
- [3] Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. Fundamentos de física. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 2. 293p.
- [4] Instituto Nacional de Eficiência Energética. O que é eficiência energética. Disponível em: <http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia>. Acesso em: 30 mar. 2019.
- [5] Mady, F. T. M. A condutividade térmica na madeira. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1238&subject=E>. Acesso em: 21 abr. 2018.
- [6] Martins, M. A.; Alvalá, R. C. S. ; Tomasella, J. . Modelos de produtividade agrícola aplicados à agricultura de sequeiro: Limitações e Vantagens para avaliação de colapso de safras. Agropecuária Científica no sem.i-árido, v. 10, p. 41-48, 2014.
- [7] Moura, M. S. B.; Galvêncio, J. D.; Brito, L. T. L.; Souza, L. S. B.; SÁ, I. I. S.; Silva, T. G. F. Clima e água de chuva no Semi-Árido. In: Brito, L.T.L.; Moura, M. S. B.; Gama, G. F. B. Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro, v. 1, p. 37-59, 2007.
- [8] Navroski, M. C. et al. Avaliação do isolamento térmico de três diferentes materiais usados na construção e preenchimento de paredes externas. Ciência da Madeira, v.1, p. 41-51, 2010.
- [9] Santos, A. C. D.; Santana, I. S.; Oliveira, M. H. B. G.; Silva Junior, L. C.; Nascimento, A. H. C. D. Confecção DE Sensores Capacitivos de Umidade á Baixo Custo. In: Workshop Sobre Inovações Tecnológicas na Irrigação O Semiárido Brasileiro, 5., 2018, Sobral-CE. Anais... Disponível em: <<http://www.besthub.com.br/anais/TC1650204.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

Capítulo 12

Caracterização química de metais em lodo galvânico de indústrias de joias folheadas

Francisco José de Paula Filho

Larissa Saraiva Oliveira

Leonardo Alves Pinto

Sheilla da Silva Melo Figueiredo

Jorge Marcell Coelho Menezes

João Victor Barbosa Moura

Thiago Mielle Brito Ferreira Oliveira

Resumo: Objetivou-se com o presente trabalho realizar a caracterização química de efluentes e resíduos sólidos gerados por indústrias galvânicas do setor de joias folheadas de Juazeiro do Norte/CE. Foi utilizada a técnica analítica por espectrometria de absorção atômica por chama. Os resultados demonstraram ineficiência no tratamento dos efluentes para Cu, Ni, Cr, Pb e Zn. A caracterização química mostrou que os resíduos sólidos são ricos em metais pesados, principalmente em Cu, variando entre 197,4 e 488,0 g kg⁻¹, Pb de 13,1 a 24,8 g kg⁻¹ e Ni de 4,4 a 58,7 g kg⁻¹. A ineficiência no tratamento dos efluentes, evidencia a necessidade da adoção de medidas adicionais para o controle de qualidade dos processos e de buscar alternativas sustentáveis para o lodo galvânico gerado.

Palavras-Chave: Metais pesados; Efluentes industriais; Lodo Galvânico; Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

As atividades industriais estão relacionadas diretamente com o meio ambiente, tanto no que se refere ao uso de recursos naturais, como na emissão de rejeitos líquidos e sólidos. A ineficiência no tratamento dos efluentes gerados nos processos industriais ou o descarte inadequado de resíduos considerados perigosos, representam uma ameaça ambiental. Neste contexto, o setor de galvanoplastia apresenta potencialidade para causar grandes impactos ambientais, por serem geradoras de rejeitos altamente tóxicos (Nascimento, 2006, Oliveira et al., 2018).

O resíduo sólido galvânico (RSG), lodo galvânico ou rejeito da galvanoplastia, é classificado como Perigoso de Classe I, segundo a NBR-10.004/04. Esta classificação deve-se ao fato de ser rico em metais pesados, possuindo elevado potencial de toxicidade à diversos organismos, e elevada capacidade poluidora se descartado de forma incorreta.

Os processos industriais da galvanoplastia resumem-se basicamente em banhar uma peça por meio da ação de corrente contínua em uma solução eletrolítica contendo cátions do metal usado, tornando o material menos suscetível a atmosfera corrosiva. Os metais mais utilizados nesse tipo de processo são o Cromo (Cr), Estanho (Sn), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Cádmio (Cd) e Ferro (Fe) (Oliveira et al., 2018).

O mercado mundial de bijuterias, semijoias e joias tem crescido mundialmente a cada ano. Segundo o relatório da McKinsey Global Institute, a expectativa de crescimento é de até 6% nos próximos anos e que as vendas anuais desse setor cheguem a US\$250 bilhões/ano até 2020. O Brasil é responsável por 0,14% da exportação mundial, ocupando a 34ª posição no ranking mundial. Estados Unidos, Argentina, Chile, França e Colômbia são os maiores importadores brasileiros nesse mercado. No Brasil, o setor de bijuterias continua em crescimento. Peças folheadas de ouro ou prata chegam a movimentar 55 milhões anualmente (Dino, 2018).

A cidade de Juazeiro do Norte, faz parte da Região Metropolitana do Cariri no Sul do Ceará. O município é o terceiro maior polo produtor de joias folheadas no país, estando atrás apenas das cidades de Limeira, em São Paulo, e Guaporé, Rio Grande do Sul. Os produtos fabricados variam de anéis, brincos, pulseiras entre outros (Oliveira et al., 2018). Existem cerca de aproximadamente 40 empresas fabricantes de joias folheadas nesse município, entre legais e clandestinas. Considerando um descarte médio de 50.000 L de água residual por empresa, resultará em 1.500.000L de água a serem tratados mensalmente (Fernandes, 2005, SU et al., 2016)

No tratamento das águas de lavagem das linhas de produção, os efluentes são conduzidos para as estações de tratamento onde são armazenadas em tanques de equalização e posteriormente levadas aos tanques de reação. Após a estocagem, estes efluentes devem ser tratados, durante as etapas de coagulação e floculação, com produtos químicos adequados à natureza específica do contaminante presente no efluente (Oliveira et al., 2018). O tratamento conjunto dos efluentes é feito por ajuste de pH alcalino levando a precipitação dos metais presentes. Concluídas as fases anteriores, o lodo formado somados às impurezas presentes nas águas de lavagens, ainda em suspensão, deverá ser submetido ao processo de sedimentação, no qual o lodo irá ser separado da água através da ação da gravidade. Após a etapa de sedimentação é conduzido para um sistema de desidratação (Proamb, 2014).

No semiárido os recursos hídricos são limitados o que conduz a necessidade de um rigoroso controle na qualidade dos processos de tratamento dos efluentes gerados pelo setor de galvanoplastia (Cogerh, 2010). Notadamente na cidade de Juazeiro do Norte existe um polo industrial metalúrgico para produção de semi - joias folheadas que se destaca em nível nacional. Predominam empresas de médio e pequeno porte, com uma alta incidência de empresas instaladas de maneira clandestina. Esta situação é um desafio para o sistema de fiscalização ambiental, pois potencializa práticas de lançamento de efluentes nos corpos hídricos locais sem o tratamento adequado (Oliveira et al., 2018).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo caracterizar quimicamente os efluentes pós-tratamento e o resíduo sólido galvânico gerados por 04 indústrias da Região Metropolitana do Cariri – RMC, relativamente a concentração de metais pesados Zn, Cu, Cr, Pb, Cd, Ni, Mn e Fe.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ANÁLISE DOS EFLUENTES E RESÍDUOS

A amostragem dos efluentes foi realizada pontualmente em uma única visita técnicas nas estações de tratamento de quatro empresas identificadas como L1, L2, L3 e L4, todas localizadas na RMC. Foram determinadas as concentrações de metais pesados Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn) nas amostras de lodo galvânico e nos efluentes. Os efluentes foram armazenados em garrafas de polietileno até o momento das análises. As amostras de lodo galvânico foram obtidas diretamente nas baias de secagem, representando amostras compostas que agregaram diferentes bateladas de tratamento. Em laboratório foram secas em estufa a temperatura de 110°C durante 24 horas, para a remoção da fração líquida do lodo. Após secas, as amostras foram maceradas utilizando-se mão de gral e almofariz, e posteriormente peneiradas em abertura de 180 µm. O material prosseguiu para a etapa de extração dos metais na Central Analítica da Universidade Federal do Cariri (UFCA). A extração foi realizada em 1,000 g de sedimento, por digestão ácida, usando-se 25,0 mL de água régia (3HCl:HNO₃), em banho maria à 80°C e com recirculação por 2h (USEPA, 1998). As concentrações de metais pesados contidos nos extratos ácidos e nos efluentes pré-tratamento e pós-tratamento foram determinadas através da técnica analítico-instrumental de Espectrometria de Absorção Atômica de Chama (FAAS) utilizando o equipamento da marca Varian SpectraA, modelo A-50B.

2.2. PARÂMETROS AMBIENTAIS PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

Com relação à destinação de efluentes industriais, a Resolução Coema Nº 02 dispõe em seu Artigo 21 que: “O efluente não deverá causar ou possuir potencial para gerar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de ecotoxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente” (Ceará, 2017).

Por outro lado, o Artigo 16 da Resolução Conama nº 430/11 dispõe que, “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões previstos neste artigo.” A legislação, por ser federal, estadual ou municipal, faz com que os parâmetros e diretrizes variem de um local para outro, prevalecendo sempre a mais restritiva (Brasil, 2011). A Tabela 1 apresenta os limites de concentração para metais pesados em efluentes industriais a serem lançados após tratamento na rede coletora ou em corpos hídricos receptores.

Tabela 1 - Padrão concentração (mg L⁻¹) para lançamento de efluentes nos corpos hídricos e de saturação do solo (mg kg⁻¹) conforme resolução nº 02/17, do Conselho Estadual do Meio Ambiente do Ceará (COEMA, 2017).

Metal	Limite de tolerância ^a	Limite de tolerância ^b
Cádmio	0,2	1,3
Chumbo	0,5	72
Cobre dissolvido	1,0	60
Cromo hexavalente	0,1	*
Cromo trivalente	1,0	*
Ferro solúvel	15,0	-
Manganês Solúvel	1,0	-
Níquel	2,0	30
Zinco	5,0	300

^aParâmetros para corpos hídricos receptores;

^bParâmetros para saturação do solo;

*Limite referente ao Cromo total 75mg kg⁻¹.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. EFETIVIDADE DO TRATAMENTO DOS EFLUENTES GALVÂNICOS

A partir das análises realizadas foram obtidas as concentrações dos principais metais constituintes no efluente antes e após o tratamento de precipitação química (Figura 1). Considerando os resultados das concentrações de metais para os efluentes (pré-tratamento), observa-se que apenas em L1 foi determinado Cd antes no efluente bruto, numa concentração igual a $0,64 \text{ mg L}^{-1}$. Após o tratamento a concentração do metal no efluente caiu para a faixa de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$, ficando dentro do limite legal para descarte.

Por outro lado, apenas em L2 apresentou redução significativa do Cu presente no efluente tratado. Nos demais casos o efluente após o tratamento continuou apresentando concentrações acima do limite de tolerância para o Cu ($1,0 \text{ mg L}^{-1}$). Em L3 o tratamento foi o menos eficiente, retirando menos de 1% do conteúdo total do metal presente no efluente. Por sua vez o Cr total não foi detectado nos efluentes analisados.

Em relação ao Pb, em todos os casos as concentrações nos efluentes tratados excederam os limites de tolerância indicados na legislação ambiental. Extraordinariamente, houve aumento nas concentrações do metal após o tratamento, exceto em L3. Isto pode estar associado a resíduos do metal que podem estar presentes nas cargas químicas adicionadas durante o processo de tratamento. Esses resultados evidenciam que o método utilizado para adequar as concentrações dos metais nos efluentes a serem descartados, realizados pelas ETEs nas empresas supracitadas não é efetivo para remoção do elemento Pb.

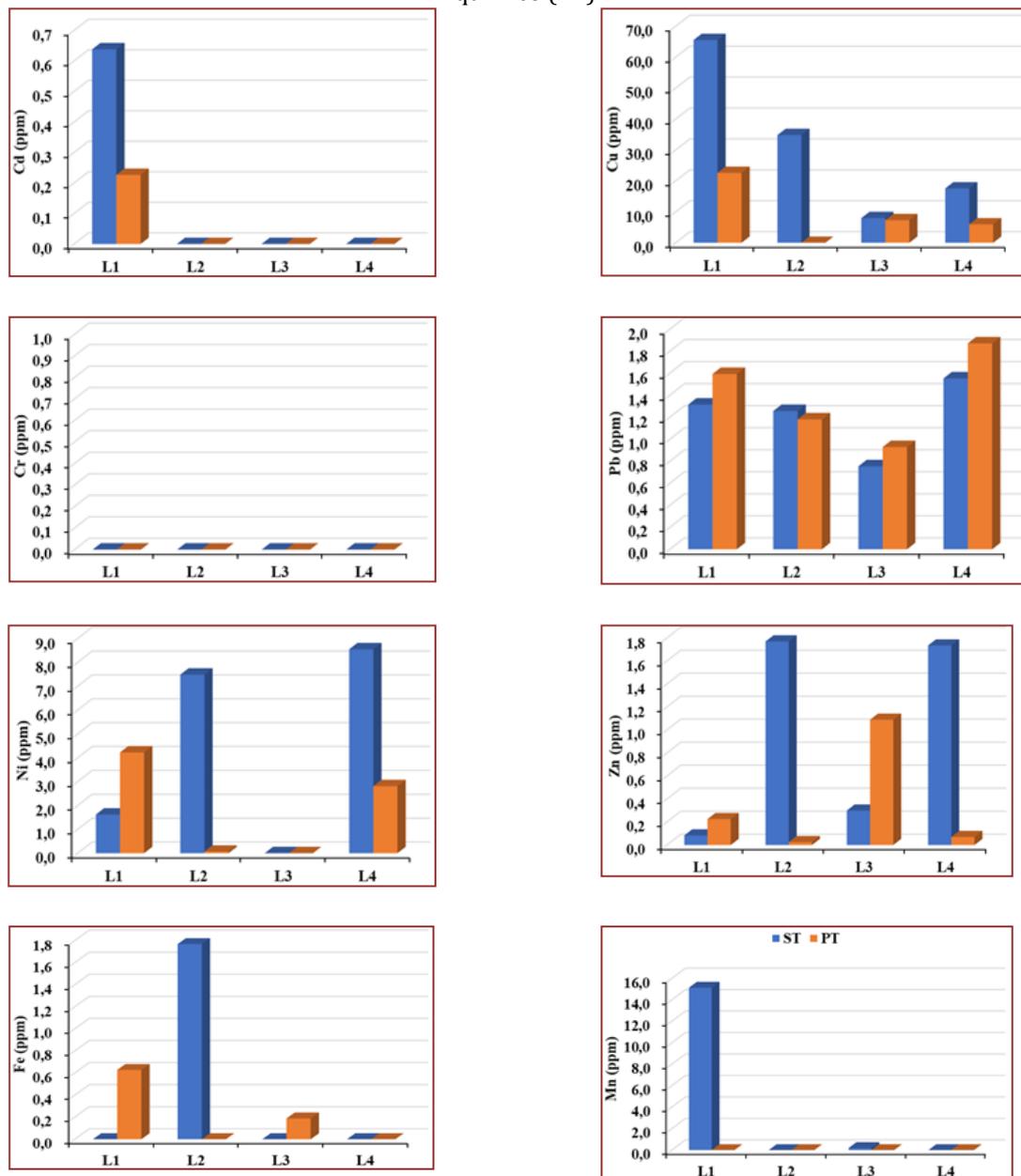
O níquel apresentou expressiva redução nas concentrações no tratamento realizado pelas empresas L2 (99,9%) e L4 (67%), sendo não detectado na empresa L3. Neste caso particular a empresa não possui a etapa de banho contendo íons de Ni. Por outro lado, em L1 houve aumento na concentração de níquel após o tratamento, denotando a possível presença do metal nos insumos utilizados no processo de tratamento, ou a desorção do metal do lodo decantado no fundo dos tanques em virtude do gerenciamento inadequado do processo de precipitação nos tanques. Destaca-se que apenas em L1 o efluente após o pós-tratamento apresentou concentração abaixo do limite de tolerância $2,0 \text{ mg L}^{-1}$.

Para o Zinco em todos os casos as concentrações no efluente pós-tratamento foram inferiores ao limite de tolerância $5,0 \text{ mg L}^{-1}$. Houve redução próxima a 99% das concentrações do efluente tratado, em L2 e L4. Por outro lado, em L1 e em L3 as concentrações do pós-tratamento excederam aquelas do efluente bruto demonstrando a necessidade de ajustes operacionais de modo a melhorar a retirada dos íons de Zinco da fração dissolvida.

Para o Fe, os valores obtidos ficaram abaixo do limite de tolerância (15 mg L^{-1}), no entanto em L1 e L3, houve aumento das concentrações no efluente pós-tratamento. Para o Mn, em todos os casos as concentrações no efluente tratado foram inferiores ao limite de tolerância da legislação.

Para o descarte ambientalmente correto, os efluentes líquidos sobrenadantes devem estar em conformidade com a legislação nacional ou estadual. Devem, portanto, seguir as especificações das Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, nº 430 e do Conselho Estadual do Meio Ambiente - Coema nº 02, pertinente ao lançamento de efluentes líquidos em corpos receptores. Portanto, o efluente não deverá causar ou possuir potencial para gerar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor. Para tanto, a Legislação Ambiental define parâmetros para as concentrações de metais no efluente tratado (Brasil, 2011; Ceará 2017).

Figura 1. Concentração de metais pesados (ppm*) em efluentes sem tratamento (ST) e pós-tratamento químico (PT).



*ppm = mg L⁻¹

Os efluentes gerados no processo galvânico são compostos tanto por água de enxágue como por descarte de alguns banhos. Apresentam concentração elevada de óleos, graxas, sólidos em suspensão, metais e sais dissolvidos diversos, que ao serem lançados no meio ambiente provocam a contaminação e poluição de águas e solos. O tratamento desses efluentes contempla, basicamente, desde a simples neutralização da acidez ou alcalinidade livre até a remoção dos metais presentes na forma solúvel. Estes efluentes necessitam em muitos casos serem tratados em Estação de Tratamento de Efluentes (ETEs) dentro das empresas, após o qual se procede ao descarte em redes de água e esgoto, ou direto em corpos d'água, dependendo do tratamento ou da disponibilidade de rede de esgoto na região (INEA, 2014).

Este estudo demonstrou, mesmo que de maneira pontual, que em alguns casos há desconformidade com a legislação. Este fato merece atenção dos gestores ambientais, tendo em vista o possível lançamento de efluentes ainda com potencial poluidor na rede sanitária ou em corpos hídricos locais. Além do auto-monitoramento de responsabilidade do empreendedor, é de suma importância um acompanhamento mais ostensivo do poder público através de ações de fiscalização e monitoramento independentes.

Portanto, a realização sistemática de medições ou observações de indicadores ou parâmetros especificados por tipo de fonte poluidora do meio ambiente, com a finalidade de avaliar o desempenho dos sistemas de controle adotados e a eficácia das medidas mitigadoras dos impactos ambientais inerentes à atividade são fundamentais.

3.2. CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS NO LODO GALVÂNICO

As concentrações de metais pesados presentes no resíduo sólido galvânico de indústrias da RMC, são apresentadas na Tabela 2. Os dados obtidos demonstraram que o resíduo da empresa L3, apresenta maiores concentrações dos metais Cr, Cu, Pb, Zn, Fe e Mn. A empresa L4, apresenta concentração mais elevada do Ni e a L1 maior em Cd em relação às demais. A composição química elementar do lodo galvânico está associada aos elementos contido nas impurezas presentes nas peças, nas soluções usadas para a sua limpeza e, principalmente, nos banhos eletrolíticos utilizados para a eletrodeposição na superfície (Oliveira et al., 2018). Geralmente, os metais que apresentam elevadas concentrações no lodo são os principais usados no processo produtivo da empresa. O tipo de galvanoplastia empregado em cada processo sempre está associado ao tipo de metal que foi utilizado para recobrir uma determinada peça, sendo os principais tipos: Cromagem, Prateação, Niquelagem, Zincagem, Douração, Cadmeação, utilizando, respectivamente, os elementos cromo (Cr), prata (Ag), níquel (Ni), zinco (Zn), ouro (Au) e o cádmio (Cd).

No processo de tratamento dos efluente, a insolubilização e posterior precipitação dos metais, acontece por ajuste do pH a um determinado valor ótimo, que é aquele que garante a máxima precipitação dos metais como hidróxidos insolúveis. Para tanto, as neutralizações e os ajustes de pH são feitos em tanques providos de agitação (reatores), mediante a adição controlada de bases ou ácidos. Os metais sedimentados são removidos nos próprios reatores, e constituem o assim chamado “lodo galvânico” (INEA, 2014).

Tabela 2 – Concentrações de metais pesados em resíduo sólido galvânico (g kg^{-1}) em empresas da Região Metropolitana do Cariri.

	Cu	Pb	Cr	Ni	Zn	Cd	Mn	Fe
L1	204,0	13,1	0,1	4,4	12,3	0,8	0,9	3
L2	197,4	13,1	n.d	50,2	15,2	0,2	n.d.	2,4
L3	488,8	24,8	0,7	40,3	17,4	n.d.	1,7	19,1
L4	438,6	14,1	n.d	58,7	6,3	n.d.	1,3	1,2

n.d. Não detectável

Constatou-se que o Cobre (Cu) é o elemento que aparece em maiores concentrações na, seguido do chumbo, enquanto o níquel aparece em terceiro. Os metais zinco, ferro, manganês, cádmio e cromo são os que aparecem com as menores concentrações. Os dados obtidos mostram o potencial de contaminação dos resíduos sólidos galvânicos, tornando-se evidente a classificação dos mesmos como Perigoso Classe I (ABNT, 2004).

Os resultados demonstram a elevada toxicidade do lodo em função das altas concentrações de metais como Cu, por exemplo. Estes dados corroboram a afirmativa de que há muito tempo a atividade de galvanoplastia é considerada crítica ambientalmente. Exigindo, portanto, um rigoroso controle de emissões por parte do setor, o qual deve ser fortemente monitorado pelo poder público, através das agências ambientais (CETESB, 2005).

A gestão eficiente de todas as etapas de tratamento dos efluentes e destinação final do resíduo galvânico se impõe como uma meta a ser atingida pelo setor. Fato ainda mais relevante em função da preservação do solo e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos da região do Cariri.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos relativos a eficiência do tratamento nas ETEs das empresas avaliadas, apontam para uma situação preocupante no que tange a eficiência do processo de tratamento dos efluentes líquidos. É importante ressaltar que muito embora as amostragens tenham ocorrido de maneira singular em cada uma das empresas, ficou evidente a necessidade da implementação de um maior controle de qualidade no processo de tratamento dos efluentes.

Muito embora a precipitação química seja uma prática bastante difundida nas empresas, foi verificada ineficiência do tratamento para os metais Cu, Pb, Cr e Ni em várias das empresas pesquisadas. Os resultados obtidos caracterizaram o lodo como resíduo rico em metais pesados, apresentando um alto potencial poluidor. Contudo esse resíduo apresenta em sua composição, compostos que podem ser usados em outros tipos de materiais, como por exemplo em materiais cerâmicos.

Isso evidencia a necessidade de se buscar alternativas sustentáveis para o lodo galvânico, bem como a necessidade de programas que intensifiquem a discussão no meio industrial sobre a utilização de tecnologias mais eficientes no tratamento dos efluentes, não somente para adequá-los as legislações específicas, mas também, para reduzir o volume de resíduos tóxicos e seus impactos ambientais.

A substituição do auto-monitoramento realizada pelas empresas, por programas de monitoramento independentes realizadas pelos órgãos ambientais fiscalizadores poderia contribuir para a melhoria da eficiência no tratamento dos efluentes e se constituir em uma importante medida mitigadora dos impactos ambientais. A existência de ações mais efetivas por parte dos órgãos ambientais na proposição de soluções e no acompanhamento mais direto dos processos classificados como potenciais riscos ambientais e a saúde do trabalhador do setor se constituem em práticas essenciais ao desenvolvimento sustentável do setor.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte financeiro concedido pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FUNCAP, através de recursos do Bolsa de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e à Inovação Tecnológica – BPI (Processo nº: BP3-0139-00276.01.00/18). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e a Universidade Federal do Cariri, pelas bolsas de iniciação científica concedidas através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, edital n.º 02/2018/PRPI – Chamada PIICT/CNPqUFCA.

REFERÊNCIAS

- [1] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004, 71p.
- [2] Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2011. Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília: Diário Oficial da União.
- [3] Ceará. Conselho Estadual de Meio Ambiente. Resolução Coema nº 02, de 02 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, Diário Oficial do Estado, Fortaleza, v. 9, n. 37, p. 56-61, 21 fev. 2017. Seção 3.
- [4] Cetesb. Bijuterias – Série Produção Mais Limpa. Secretaria do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo, 54p., 2005.
- [5] Cogerh - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. Plano de Monitoramento e Gestão dos Aquíferos da Bacia do Araripe. Estado do Ceará, Fortaleza - CE. 2010. 272 p.
- [6] Dino, 2018. Mercado de joias e semijoias tem expectativa de crescimento de até 6% ao ano. Exame on-line, Publicidade corporativa. São Paulo, 30 de maio de 2018. <https://exame.abril.com.br>
- [7] Fernandes, L.S.C. Arranjo produtivo de joias e folheados de Juazeiro do Norte: uma aposta que vale ouro. 45p. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.
- [8] Inea; Galvanoplastia: orientações para o controle ambiental/ Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro: INEA, 2014 2. ed.
- [9] Nascimento, T.C.F. Gerenciamento de resíduos sólidos da indústria de galvanização. 2006. 230 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- [10] Oliveira, C.L.M., Paula Filho, F.J., Moura, V.B., Freitas, D.M.G., Santiago, M.O. Characterization of Galvanic Sludges Waste Derived of the Metal Plating Industry from Cariri Region, Northeastern of Brazil", Materials Science Forum, Vol. 930, pp. 541-545, 2018
- [11] Proamb – Fundação PROAMB Conhecimento e Tecnologia, 2014. **O lodo galvânico e seu impacto no meio ambiente.**
- [12] SU, R.; Liang, B.; Guan, J. Leaching effects of metal from electroplating sludge under phosphate participation in hydrochloric acid médium. The Tenth International Conference on Waste Management and Technology (ICWMT). Environmental Sciences. 31,361 – 365, 2016.
- [13] USEPA, 1998. United States Environmental Protection Agency – Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods; Office of Solid Waste, U.S. Environmental Protection Agency: Washington, DC, 1998

Capítulo 13

Índice de clorofila em laranjeira ‘Sincorá’ enxertada em diferentes porta-enxertos cultivadas no Nordeste

Luciana Martins Santos

Pedro Paulo Bezerra Ferreira

Aginaldo Rodrigues de Melo Chaves

Débora Costa Bastos

Sebastião de Oliveira e Silva

Resumo: O porta-enxerto pode influenciar as características da laranjeira, interferindo na atividade fotossintética através da síntese de clorofila nas plantas. Diante disso, objetivou-se avaliar o índice de clorofila em laranjeira ‘Sincorá’ cultivada em diferentes porta-enxertos no Nordeste. O experimento foi conduzido em blocos casualizados com seis repetições, com a cultivar copa laranjeira ‘Sincorá’ enxertada em limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, tangerineira Sunki seleção Tropical, e citrandarins Índio e Riverside. Os índices de clorofila a, b e total foram determinados utilizando o aparelho clorofilômetro, cujas medições foram realizadas em folhas completamente expandidas e sadias de ramos principais de seis plantas por tratamento, entre os meses de janeiro e abril de 2018, no período da manhã. O porta-enxerto Riverside apresentou os maiores índices de clorofila, credenciando-se com grande potencial para o cultivo de laranjeira no Nordeste.

Palavras-Chave: adaptação, citros, pigmentos.

Artigo apresentado em Congresso (IV Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais no Semiárido – SBRNS 2019)

1. INTRODUÇÃO

O Brasil lidera como maior produtor mundial de laranjas, e nacionalmente o Nordeste é o segundo maior produtor, destacando-se Bahia e Sergipe dos demais estados (FAO, 2017), devido às condições climáticas que tem proporcionado uma melhor adaptação das laranjeiras.

A enxertia é um dos métodos mais utilizados na propagação das laranjeiras, pois as características essenciais da copa são combinadas com os atributos favoráveis do porta-enxerto (CARVALHO *et al.*, 2016). Acredita-se que a laranjeira [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] “Pera” seja a cultivar copa mais utilizada e o limoeiro (*Citrus limonia* Osbeck) ‘Cravo’ seja o porta-enxerto mais utilizado no Brasil (BASTOS *et al.*, 2015) e a pouca diversificação de porta-enxertos traz preocupação ao tornar a citricultura vulnerável a estresses abióticos e também ao aparecimento de novas doenças (PETRY *et al.*, 2015; RODRIGUES *et al.*, 2016).

Os porta-enxertos podem influenciar diretamente algumas características da copa (BASTOS *et al.*, 2015), e dentre elas a síntese de clorofila das folhas. As clorofilas *a* e *b* são os pigmentos mais abundantes nas plantas verdes, e estão associadas com o potencial da atividade fotossintética da planta, principalmente a clorofila *a* que é utilizada pela planta na etapa fotoquímica para produção de energia química, na forma de ATP e NADPH, e a clorofila *b* que é um pigmento acessório, responsável por auxiliar na absorção de luz na transferência da energia radiante para os centros de reação junto a outros pigmentos acessórios (SILVA *et al.*, 2014; TAIZ *et al.*, 2016).

Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar a síntese de clorofila da laranjeira ‘sincorá’ cultivadas em diferentes porta-enxertos no Nordeste, através do índice de clorofila *a*, *b* e total.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental Mandacaru, localizado no perímetro irrigado de Mandacaru, no município de Juazeiro, BA, coordenadas 9° 24” sul, 40° 26” oeste e 365,5 m de altitude, pertencente a Embrapa Semiárido. O clima da região é do tipo BSwh na classificação de Köopen, tropical semiárido com estação chuvosa entre os meses de janeiro e abril e precipitação média anual de 400 mm, temperatura média do ar de 26,4 °C e umidade relativa do ar média de 62% (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2015).

O pomar foi implantado em agosto de 2013 em condições de irrigação localizada, com espaçamentos de 6 m entre linhas e 4 m entre plantas e os tratos para a cultura na região foram seguidas segundo recomendações de Azevêdo (2003).

Foi avaliada a cultivar copa laranjeira ‘Sincorá’ sobre as cultivares porta-enxerto limoeiro (*C. limonia*) ‘Cravo Santa Cruz’ (LCR), tangerineira Sunki [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção Tropical (SKT), e citrandarins Índio [tangerineira ‘Sunki’ x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. seleção ‘English’ - 256] (256) e Riverside (tangerineira ‘Sunki’ x *P. trifoliata* seleção ‘English’ - 264) (264). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com seis repetições, totalizando 24 unidades experimentais.

Os índices de clorofilas foram determinados utilizando o clorofilômetro Clorofilog® (Falker Automação Agrícola Ltda., Brasil) cujas medições foram realizadas mensalmente de janeiro a abril de 2018, um dia por mês, no período da manhã entre 08:00 e 11:00 h, em folhas completamente expandidas e sadias de ramos principais de seis plantas por tratamento. Em cada unidade experimental foram determinados os índices de clorofila Falker (ICF) *a*, *b* e total. O ICF é uma combinação de três comprimentos de onda (dois na faixa do vermelho, próximos aos picos de absorção da clorofila e um no infravermelho próximo) medidos pelo aparelho através da quantidade de radiação transmitida pelas folhas e é calculado com base na absorção de luz em comprimentos de onda característicos da clorofila *a* e *b* (FALKER, 2011). A combinação dos valores das transmitâncias com os valores dos comprimentos de onda irá gerar o Índice de Clorofila Falker (IFC), que é uma medida adimensional do clorofilog.

Os dados avaliados foram submetidos à análise de variância para verificação dos efeitos isolados e da interação entre fatores. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Toda a estatística foi realizada utilizando o software Sisvar.

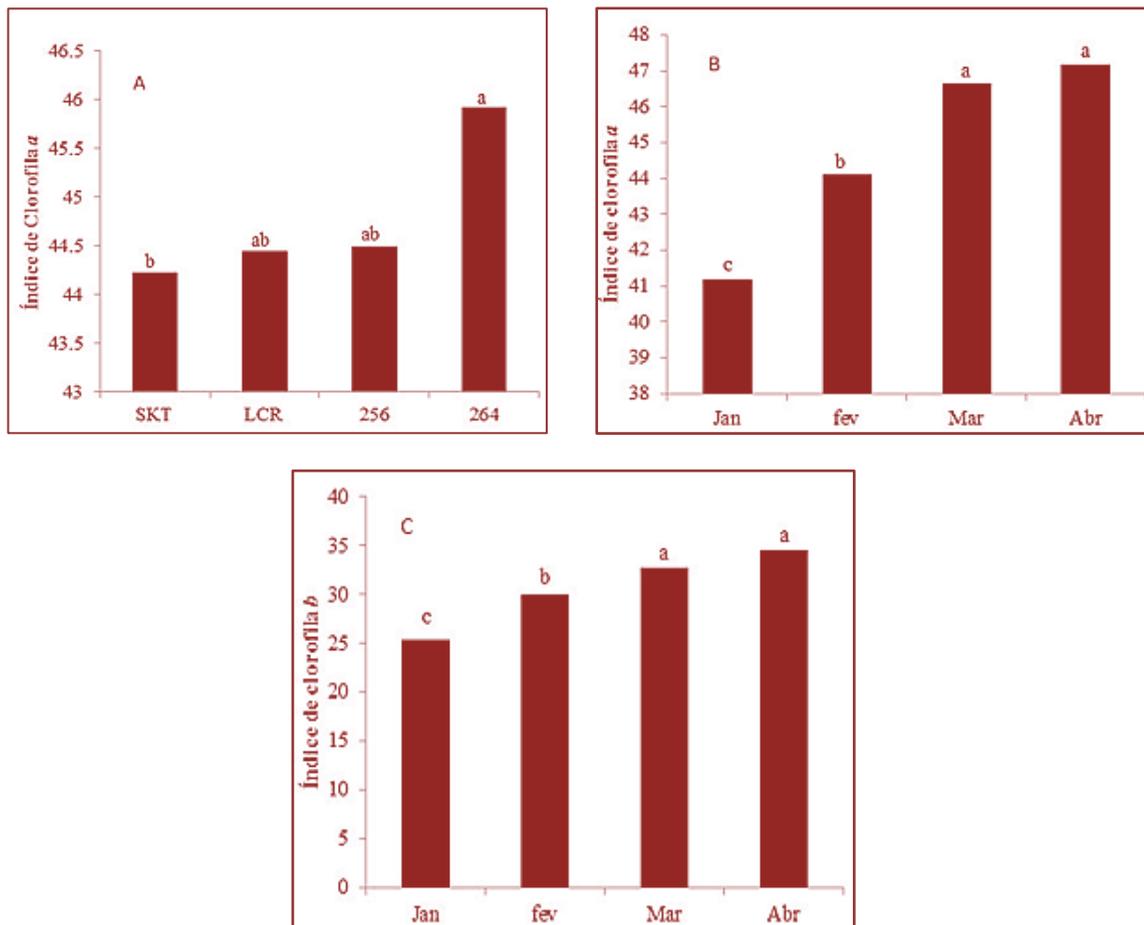
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 e 2 estão apresentados os valores médios das variáveis clorofila *a* (Fig. 1A e 1B), *b* (Fig. 1C) e total (Fig. 2A e 2B), em que houve efeito isolado para os diferentes porta-enxertos e as datas de avaliação ($p < 0,05$). Para as variáveis clorofila *a* e total os maiores valores foram de 45,90 e 78,55 ICF para o porta-enxerto Riverside, respectivamente, fazendo com que esses resultados possam indicar uma melhor adaptação às condições semiáridas. Martins *et al.* (2010) afirmam que as alterações luminosas no ambiente de cultivo proporcionam ajustes do aparelho fotossintético das plantas, resultando em uma maior eficiência na absorção e transferência de energia para os processos fotossintéticos.

Como as clorofilas estão relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas, conseqüentemente também está relacionada ao seu desenvolvimento e à sua adaptabilidade (SILVA *et al.*, 2011). Segundo Passos *et al.* (2011) o porta-enxerto Riverside tem mostrado excelente comportamento quando enxertado com laranjeiras doces, que também pôde ser observado por Carvalho *et al.*, (2016) considerando-o como cultivar promissora para cultivo nos Tabuleiros Costeiros do Sergipe. Em outros trabalhos, Passos *et al.* (2010) constataram produtividade satisfatória utilizando o porta-enxerto Riverside, em outros ecossistemas.

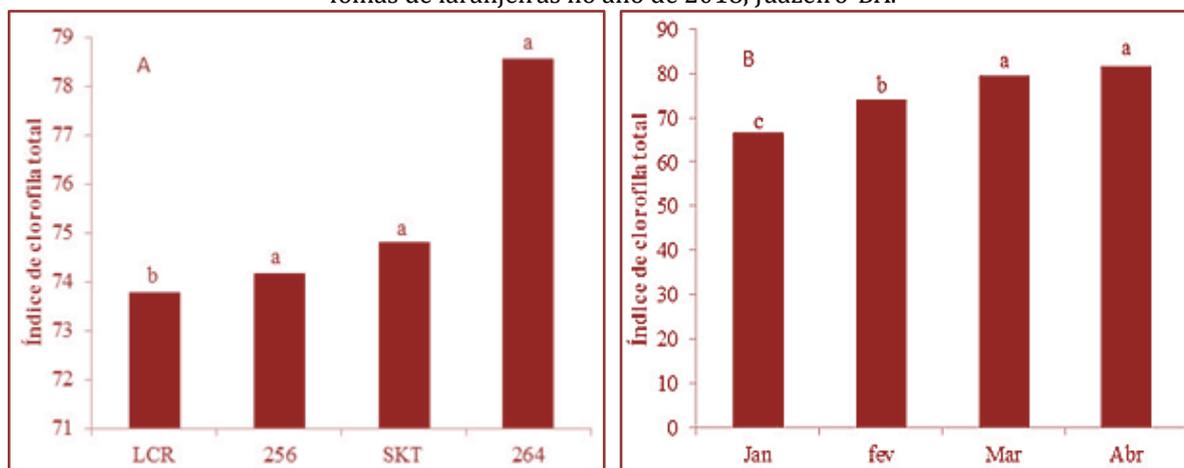
Os dados dos períodos de avaliação para todas as variáveis estudadas apresentaram maiores valores nos meses de março e abril. Os meses de avaliação correspondem ao estágio fenológico de desenvolvimento do fruto, fase que aumenta a demanda da planta por carboidratos e nutrientes (SOUZA *et al.*, 2011).

Figura 1. Valores médios do índice de clorofila *a* entre porta-enxertos (A) e época de avaliação (B), e valores médios do índice de clorofila *b* entre época de avaliação (C) em folhas de laranjeiras no ano de 2018, Juazeiro-BA.



Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Figura 2. Valores médios do índice de clorofila total entre porta-enxertos (A) e época de avaliação (B) em folhas de laranjeiras no ano de 2018, Juazeiro-BA.



Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

4. CONCLUSÕES

Até o momento, o porta-enxerto citrandarin Riverside apresenta melhor resposta na síntese de clorofila, o que pode proporcionar ganho na capacidade fotossintética, fazendo com que ele tenha potencial para uso no cultivo de laranjeiras no Nordeste brasileiro.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Semiárido, pela disponibilização da infraestrutura para realização do experimento. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] Azevêdo, C. L. L. Sistema de Produção de Citros para o Nordeste. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Citros/CitrosNordeste/clima.htm>>. Acesso em: 28 jan. 2019.
- [2] Bastos, D. C.; Passos, O. S.; Ataíde, E. M.; SÁ, J. F. de; Girardi, E. A.; Azevedo, C. L. L. (2015) Cultivo de citros no Semiárido brasileiro. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido. 30 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 266).
- [3] Carvalho, L. M. de; Carvalho, H. W. L. de; Soares Filho, W. dos S.; Martins, C. R.; Passos, O. S. Porta-enxertos promissores, alternativos ao limoeiro 'Cravo', nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.51, n.2, p.132-141, fev. 2016.
- [4] Embrapa Semiárido. Médias anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro. Petrolina, 2015. Disponível em: <<http://www.cpsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anua.l.html>>. Acesso em: 30 de março de 2019.
- [5] Falker, Automação agrícola. Como o índice ICF é calculado? (2011). Disponível em: <<http://www.falker.com.br/base/article/AA-00299/41/Clorofila/clorofiLOG-CFL1030/Como-o-%C3%ADndice-ICF-%C3%A9-calculado.html>>. Acesso em: 30 de março de 2019.
- [6] FAO. Citrus fruit fresh and processed - statistical bulletin 2016. Rome, 2017.
- [7] Martins, J. R.; Alvarenga, A. A. de; Castro, E.M. de; Silva, A. P. O. da; Alves, Eduardo. Teores de pigmentos fotossintéticos e estrutura de cloroplastos de Alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. Ciência Rural, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 64-69, Fev. 2010.

- [8] Passos, O. S.; Bastos, D. C.; Souza, J. da S.; Ramos, Y. C. Potencialidade do Submédio São Francisco para citricultura. In: Seminário Potencial E Desafios da Fruticultura no Vale, 2010, Petrolina. Seminário... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 1 CD-ROM
- [9] Passos, O. S.; Soares Filho, W. dos S.; Cunha Sobrinho, A. P. da. Citrandarin 'Riverside': nova opção de porta-enxerto para a citricultura brasileira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011, 4p. 1 Folder
- [10] Petry, H. B.; Reis, B.; Silva, R. R.; Gonzatto, M. P.; Schwarz, S. F. Porta-enxertos influenciam o desempenho produtivo de laranjeiras-de-umbigo submetidas a poda drástica. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 449-455, Dez. 2015.
- [11] Rodrigues, M. J. da S.; Oliveira, E. R. M. de; Girardi, E. A.; Ledo, C. A. da S.; Soares Filho, W. dos S. Produção de mudas de citros com diferentes combinações copa e porta-enxerto em viveiro protegido. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v.38, n. 1. 187-201, Fev. 2016.
- [12] Silva, M.C.C.; Coelho, F.S.; Braun, H.; Fontes, P.C.R. Índice SPAD em função de diferentes horários e posições no folíolo da batata sob fertilização nitrogenada. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v.42, n.4, p.971-977, 2011.
- [13] Silva, M. de A.; Santos, C. M. dos; Vitorino, H. dos S.; RHEIN, A. F. de L. Pigmentos fotossintéticos e índice spad como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar . Bioscience Journal, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 173-181, Fev. 2014.
- [14] Souza, T. R. de; Salomão, L. C.; Andrade, T. F. de; Bôas, R. L. V.; Quaggio, J. A. Medida indireta da clorofila e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em plantas cítricas fertirrigada. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 3, p. 993-1003, Set. 2011.
- [15] Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. Artmed, 6ª ed. Porto Alegre-RS, 888 p. 2016.

Capítulo 14

Aumento de biomassa Herbácea e raízes finas em fragmentos de caatinga sucessional pelo uso do raleamento

Deodato do Nascimento Aquino

Eunice Maia de Andrade

Helba Araújo de Queiroz Palácio

Jacques Carvalho Ribeiro Filho

Resumo: Objetivou-se com este capítulo quantificar a dinâmica na produtividade de fitomassa herbácea e raízes finas e sua relação com as alterações no estoque de carbono e nitrogênio em Vertissolos em duas microbacias adjacentes e submetidas a coberturas vegetais distintas. As duas microbacias estão localizadas no município de Iguatu, Ceará, Brasil. A microbacia controle com 2,1 ha mantém a vegetação em regeneração há 35 anos (CS35), enquanto a segunda microbacia (1,1 ha) foi submetida ao raleamento por um período de 5 anos (CR5). As variáveis amostradas foram: fitomassa herbácea aérea, raízes finas, umidade gravimétrica, Carbono Total (CT) e Nitrogênio Total (NT) nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm no período de abril/2013 e março/2014. Na quantificação da fitomassa herbácea aérea, amostras foram realizadas mensalmente. Já para o CT e NT as campanhas ocorreram com uma frequência bimestralmente. Os dados foram submetidos ao teste de média e confrontados pelo Teste T ($p < 0,05$). A produtividade da massa das raízes finas apresentou um decréscimo de 6,5 Mg ha⁻¹ entre o período chuvoso e seco para a camada de 0-30 cm no manejo CR5. Na caatinga raleada, constatou-se um incremento superior a 100% nos estoques de CT e NT na camada 40-60 cm do solo em relação à caatinga conservada. O aumento da densidade de plantas herbáceas decorrente da técnica de raleamento influenciou no acréscimo de umidade no solo e conseqüente aprofundamento das raízes finas. A prática de raleamento favoreceu o incremento de carbono e nitrogênio ao longo do perfil do solo, provenientes principalmente de resíduos orgânicos de espécies vegetais com metabolismo do ciclo C4 (gramíneas tropicais).

Palavras-chave: Sequestro de Carbono. Caatinga. Plantas Herbáceas.

1. INTRODUÇÃO

O semiárido do nordeste brasileiro, caracteriza-se por elevada densidade demográfica que gera uma pressão bastante considerável sobre os recursos naturais, especialmente sobre os recursos florestais. De acordo com dados do último censo nacional, a região semiárida brasileira compreende uma população de aproximadamente 22,5 milhões de habitantes em uma área de 980.133,079 km² (IBGE, 2011; INSA, 2012). Nesta região, desenvolvem-se diferentes tipologias vegetacionais, predominando a Caatinga, um tipo de floresta tropical seca, com uma área de 844.453 km², correspondendo a 9,92% do território nacional, sendo o principal ecossistema da região, além de ser considerado o único bioma exclusivamente brasileiro (MMA, 2012)

As alterações no bioma Caatinga, historicamente decorrentes de manejos inadequados, têm contribuído para modificar a ciclagem biogeoquímica do carbono e nitrogênio do solo, dois elementos de grande importância que estão associados diretamente ao efeito estufa e às mudanças climáticas (GIONGO *et al.*, 2011; AQUINO *et al.*, 2017). Dentre as alternativas de manejo sugeridas para a região nordeste, tem-se o raleamento. Esta técnica consiste no controle seletivo de espécies lenhosas, por meio da qual se elimina da vegetação alguns indivíduos arbustivo-arbóreos, reduzindo a densidade de plantas e a cobertura do solo pelo estrato lenhoso (PIMENTEL, 20106). No tocante à remoção seletiva de árvores e arbustos por meio do raleamento, esse manejo é pensado com o intuito de melhorar o processo de colonização, reduzindo a competição por água, luz e nutrientes, abrindo mais espaço para o crescimento de espécies herbáceas de pequeno porte (GUO, 1998; SAVADOGO *et al.*, 2008; CONRADO *et al.*, 2019). Portanto, o aumento da disponibilidade de plantas herbáceas em florestas secas têm sido obtido através de modificações na estrutura e arquitetura da vegetação arbóreo-arbustiva (ARAÚJO FILHO *et al.*, 2013).

A adoção de modelos sustentáveis dos recursos naturais deve conciliar a oferta de alimentos, bens e serviços e a potencialização do estoque de carbono e nitrogênio tanto na fitomassa florestal quanto no solo. O equilíbrio no estoque de carbono e nitrogênio do solo é alterado frente à mudanças que ocorrem quando a floresta é desmatada ou sofre alguma perturbação. De acordo com Sousa *et al.* (2008), em diversas regiões do mundo, para diferentes biomas, existe relação entre o teor de carbono do solo e a vegetação presente em uma determinada área. No Brasil e, mais especificamente na floresta seca - Caatinga, praticamente inexistem informações da dinâmica do carbono e nitrogênio no solo, bem como a sua relação com o manejo, tipo, estágio e grau de cobertura vegetal.

A alocação de carbono e nitrogênio do sistema radicular para o solo após a morte das raízes se torna um dos fluxos mais importante na ciclagem destes elementos, porém pouco estudado e quantificado nos ecossistemas terrestres (MATAMALA *et al.*, 2003; PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013; ORGILL *et al.*, 2015). Tal fato é negligenciado em florestas tropicais, que são muitas vezes caracterizadas por uma rápida dinâmica de crescimento das raízes (SILVER *et al.*, 2005; ERKTAN *et al.*, 2018).

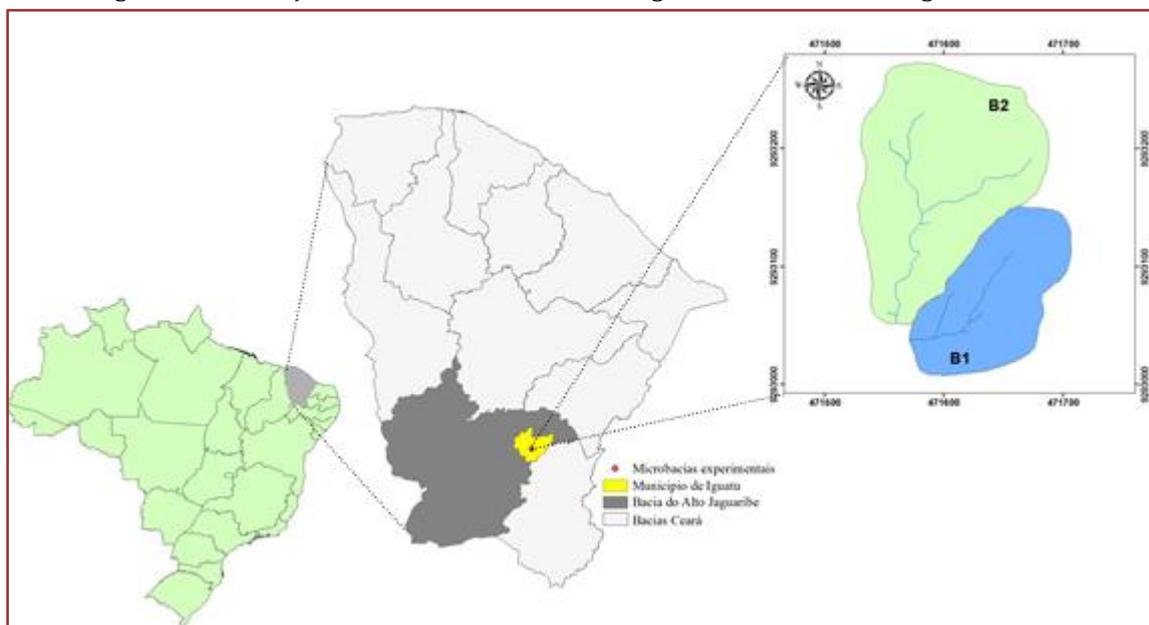
Para o monitoramento da qualidade do solo, de forma que possam ser sugeridas modificações nos sistemas de manejo adotados pelos agricultores a tempo de evitar a degradação da região semiárida, é necessário definir atributos ambientais de fácil mensuração. Neste contexto, encontra-se na literatura, de forma unânime, a determinação do carbono total (CT) e nitrogênio total (NT) como indicadores chave da qualidade do solo, tanto em sistemas agrícolas como em áreas de vegetações nativas (BERNOUX *et al.*, 2002; JANSEN, 2005; SILVA ARAÚJO *et al.*; 2016; ANDRADE *et al.*; 2020).

Acredita-se que o estoque de CT e NT no solo de um fragmento de floresta tropical seca (caatinga) submetido ao raleamento são diferentes dos encontrados em área conservada por um período de sucessão ecológica de 35 anos. Diante ao exposto, este capítulo tem por objetivo quantificar a dinâmica na produtividade de fitomassa herbácea, raízes finas e sua relação com as alterações no estoque de CT e NT em solo de uma floresta tropical seca submetidos a dois diferentes usos da terra na região Nordeste do Brasil.

2. ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi conduzido em 2 (duas) microbacias em floresta tropical seca, município de Iguatu, Ceará-Brasil (Figura 1). As mesmas são adjacentes e com uso distinto da terra, CS₃₅ (Caatinga conservada há 35 anos) e CR₅ (Caatinga raleada há 5 anos), com dimensões de 2,1 e 1,1 ha e declividades médias de 10,6 e 8,7%, respectivamente. Ambas apresentam cursos de drenagem de segunda ordem e regime hidrológico efêmero com escoamento de 24-h após um evento pluviométrico.

Figura 1. Localização das microbacias. B1 - caatinga raleada, e B2 - caatinga conservada



3. CARACTERIZAÇÃO EDAFOCLIMÁTICA.

A vegetação da área em estudo é constituída tipicamente por Caatinga hiperxerófila (Savana estépica), caducifólia com grande variedade de espécies espinhosas em sucessão ecológica secundária, predominando na área as seguintes espécies: *Aspidosperma pyrifolium*, *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett, *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth, (*Combretum leprosum* e *Piptadenia stipulacea*. De acordo com a classificação de Lima (1981), a unidade de vegetação predominante é a Floresta de Caatinga média, com densidade variável nas camadas arbóreas e indivíduos com altura média entre 7 e 15 m.

O clima da região é do tipo BS (Semiárido quente), o Índice de Aridez é de 0,44, ou seja, semiárido. A região é caracterizada também por elevada evaporação potencial ($1.988 \text{ mm ano}^{-1}$) com maiores valores durante os sete meses de menor precipitação (julho a dezembro) (IPECE, 2004). A precipitação média histórica no município de Iguatu é de $864 \pm 304 \text{ mm}$ (média de 1932 a 2013). A distribuição temporal das chuvas apresenta uma concentração de 85% no período de janeiro-maio, dos quais cerca de 30% são registrados no mês de março (ANDRADE *et al.*, 2017)..

O monitoramento do total precipitado em 24 horas foi realizado com o emprego de um pluviômetro instalado nas proximidades do outlet das duas microbacias (Figura 1). As informações de temperatura do solo em ambas as áreas foram registradas continuamente a cada 4 horas a uma profundidade de 10 cm empregando-se sensores da marca Hobo Pendant® e modelo Temperature/Light-64K-UA-002-64.

O solo de ambas as áreas foi classificado como Vertissolo (PANSU; GAUTHEYROU, 2006; SANTOS, *et al.*, 2018), com predomínio de argilominerais expansivos do grupo 2:1, especificamente montmorilonita. O pH e os parâmetros físicos de granulometria textural (Tabela 1) seguiram a metodologia proposta pela Embrapa (2009). A densidade aparente do solo foi estimada através do método convencional do anel volumétrico, enquanto a umidade gravimétrica pelo método termogravimétrico.

Tabela 1. Densidade aparente, pH e característica granulométrica nas respectivas camadas de solo para os manejos com caatinga conservada (CS₃₅) e raleada (CR₅)

Manejos	Prof.(cm)	pH	Umidade (%)	Densidade (g cm ⁻³)	Classe Textural
CS ₃₅	0-20	6,9	16,24	1,31	franco siltoso
	20-40	6,7	13,12	1,37	franco siltoso
	40-60	6,9	10,84	1,50	franco siltoso
CR ₅	0-20	6,7	18,72	1,36	silte
	20-40	6,8	17,87	1,47	franco siltoso
	40-60	6,9	16,29	1,44	franco siltoso

4. UNIDADES AMOSTRAIS E COLETA DE SOLO, BIOMASSA HERBÁCEA E RAÍZES FINAS.

Com relação ao histórico de ocupação, antes de 1980 as áreas de ambas as microbacias experimentais eram utilizadas para o cultivo de espécies de subsistência, especificamente milho (*Zea mays* L.) e algodão (*Gossypium* L), sendo mantidas em estágios de recuperação e sucessão a partir deste período. O manejo CS₃₅ representa a vegetação natural conservada há aproximadamente 35 anos, enquanto a CR₅ foi submetida ao raleamento no mês de dezembro dos anos de 2008, 2010 e 2012 (Figura 2).

O raleamento consistiu em eliminar as plantas com circunferência do caule inferior a 0,10 m à altura do peito, enquanto as de porte herbáceo e os resíduos orgânicos provenientes dos galhos finos do desbaste foram mantidos no local. Salienta-se que durante todo o experimento não ocorreram pastoreio em nenhuma das parcelas experimentais. Nas duas microbacias, CS₃₅ e CR₅, ao longo do curso principal foram distribuídas 50 unidades amostrais 10 x 10 m, sendo demarcadas e identificadas *in loco* por meio de placas metálicas, para realização das variáveis investigadas. As amostragens para quantificação da produção de fitomassa herbácea aérea foram realizadas mensalmente com 10 repetições em cada manejo (CS₃₅ e CR₅) no período de abril/2013 a março/2014, seguindo a metodologia adotada por Ribeiro *et al.* (2012).

Figura 2. Apresentação da área com vegetação natural conservada há aproximadamente 35 anos, e microbacia submetida ao raleamento no mês de dezembro dos anos de 2008, 2010 e 2012



Na determinação da biomassa de raízes finas ($\varnothing < 2$ mm), adotou-se a metodologia proposta por Park e Yanai (2007). Para a extração das raízes finas foi utilizado uma sonda de alumínio cilíndrica vazada com diâmetro interno de 4,5 cm. As amostras foram realizadas nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, em junho (período chuvoso) e novembro (período seco) com cinco repetições em cada camada.

O material herbáceo oriundo das dez unidades amostrais foi pesado e picotado ainda fresco, e em seguida reduzido a uma alíquota de 500g/unidade amostral, conforme metodologia proposta por Silva e Queiroz (2002). As amostras foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir massa constante e pesada em balança analítica com precisão 0,01g.

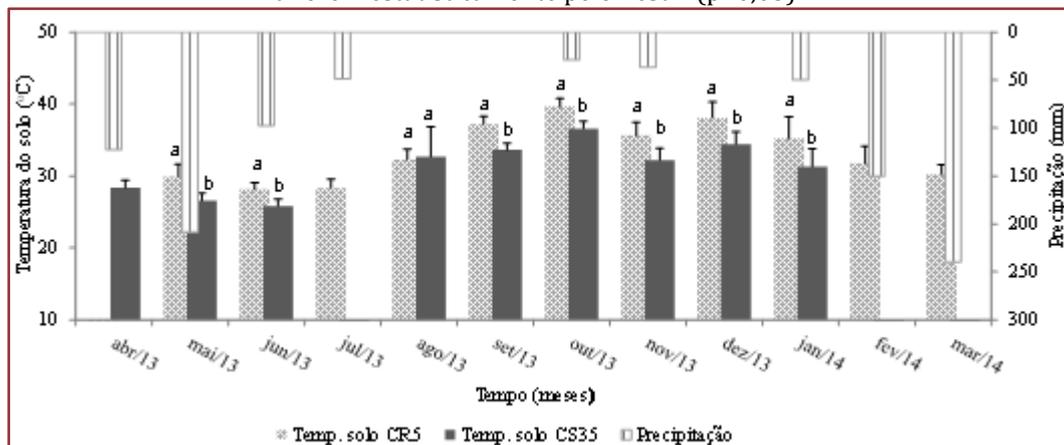
Na quantificação dos teores de umidade, carbono e nitrogênio do solo efetuou-se coletas bimestrais entre abril/2013 a março/2014 nas camadas (0-20, 20-40 e 40-60 cm) em cinco unidades amostrais, previamente sorteadas, para cada manejo. Posteriormente, os solos coletados em cada camada foram homogeneizadas em amostras compostas e encaminhadas para posterior análise laboratorial.

A determinação do Carbono Total do Solo (CT) foi realizada com auxílio do aparelho *Total Organic Carbon Analyser*, TOC-V, acoplado ao *Solid Sample Module*, modelo SSM-5000A. As análises químicas para quantificação do teor de nitrogênio total seguiram a metodologia adotada pela Embrapa (1997) e por Pansu e Gautheyrou (2006). O estoque de CT foi calculado seguindo a equação proposta por Veldkamp (1994), enquanto o NT foi determinado pela expressão adotada por Blake e Hartge (1986). Ambas as equações consideram o teor de carbono total e/ou nitrogênio total, a densidade média do solo e a espessura da camada amostrada.

5. PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E UMIDADE GRAVIMÉTRICA DO SOLO

Do total precipitado, 61% foram registradas em três meses expressando uma alta variabilidade temporal, com um período seco ou de baixas alturas pluviométricas entre julho a dezembro (Figura 3). As chuvas foram registradas nos meses de abril a julho de 2013 e janeiro a março de 2014, enquanto que os meses de agosto a dezembro caracterizam-se como período seco. Considerou-se como mês seco àquele com precipitações inferiores a 50 mm (ANDRADE *et al.*, 2008).

Figura 3. Precipitação pluvial (mm) e temperatura média mensal (°C) do solo (10 cm) nos manejos CS₃₅ e CR₅. As linhas verticais representam o desvio padrão da média. Letras iguais dentro de cada mês não diferem estatisticamente pelo Test T (p<0,05)



As maiores temperaturas do solo na camada de 10 cm coincidiram com o período de estiagem, atingindo valores médios de 40 °C e 36,6 °C no mês de outubro no CR₅ e CS₃₅, respectivamente. Com exceção de agosto, em todos os meses monitorados, a temperatura do solo no manejo CR₅ foi estatisticamente superior (p<0,05) ao do CS₃₅.

Embora as temperaturas do solo tenham sido medidas a 10 cm de profundidade, em ambos os manejos as temperaturas apresentaram baixa amplitude anual (Figura 3), com médias mensais próximas ou superiores a 30 °C. Tal fato é decorrente da baixa latitude da área de estudo (6° 23'S), onde variações de temperaturas do solo são decorrentes da umidade do solo e não da variação da posição da terra em relação ao sol. Na região observa-se apenas duas estações climáticas, uma seca e outra chuvosa.

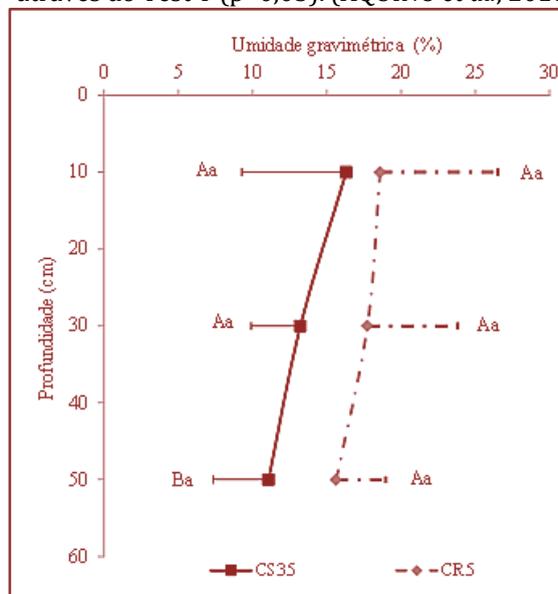
Ao longo do perfil analisado, o manejo CS₃₅ sempre apresentou umidade inferior às quantificadas no CR₅ (Figura 4).

Observa-se uma redução da umidade com a profundidade para o manejo CS₃₅, enquanto CR₅ manteve a umidade ao longo do perfil. A maior diferença da umidade do solo entre os dois manejos foi registrada na camada de (40-60 cm), diferindo estatisticamente (p>0,05).

Para a camada de 0-20 cm, o manejo CR₅ apresentou percentual médio de umidade de aproximadamente 18%, não diferindo estatisticamente (p>0,05) do CS₃₅ (16%). As maiores variabilidades temporais foram registradas na camada superficial (0-20 cm), estas apresentaram desvios de 8% no CR₅ e de 7% no CS₃₅, conforme gráfico apresentado por Aquino *et al.* (2017) (Figura 4).

No tocante às propriedades físico-químicas do solo, observa-se que os manejos apresentaram solo com características semelhantes. O pH tende à neutralidade, oscilando entre 6,7 e 6,9; a textura franco siltosa, com exceção da camada 0-20 cm presente no manejo CR₅ (Tabela 1). A densidade aparente do solo apresentou pouca variação, sendo os maiores valores registrados na camada de 40-60 cm do CS₃₅, com valores de 1,50 g cm⁻³.

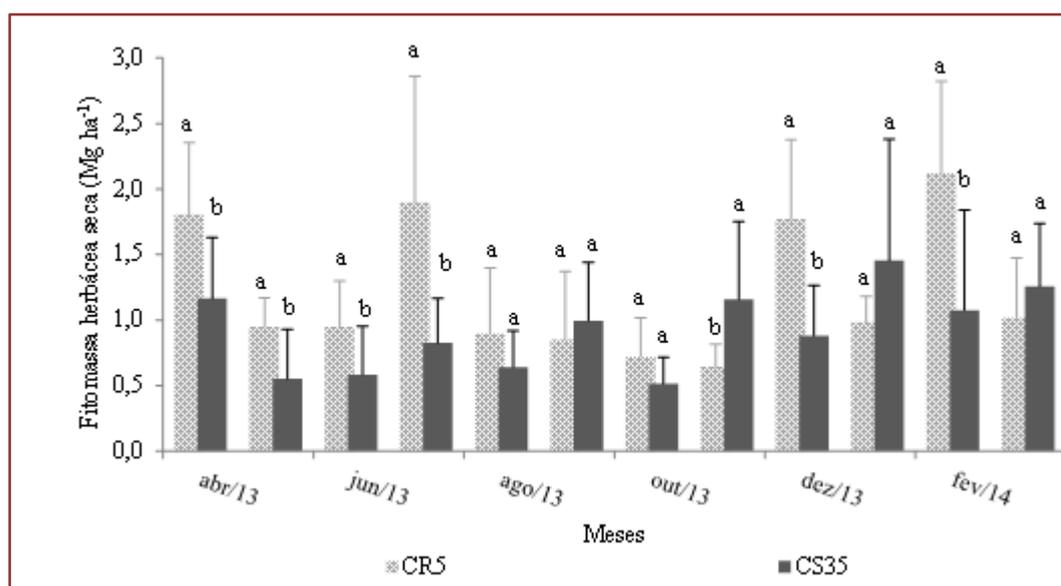
Figura 4. Umidade gravimétrica média do perfil de solo nos manejos CS₃₅(n=105) e CR₅(n=105). Letras minúsculas iguais dentro da profundidade, e maiúscula entre manejos não diferem estatisticamente através do Test T ($p>0,05$). (AQUINO *et al.*, 2017)



6. PRODUÇÃO DE FITOMASSA HERBÁCEA - DINÂMICA TEMPORAL

A fitomassa de matéria seca da vegetação herbácea (Figura 5) foi significativamente influenciada pelo manejo das espécies arbórea-arbustiva ao nível 5% de significância (AQUINO *et al.*, 2017). A área CR₅ apresentou maior produtividade de matéria seca das espécies herbáceas, com estoque médio anual de aproximadamente 1,21 Mg ha⁻¹ ($\pm 0,7$ Mg ha⁻¹) quando comparada com 0,92 Mg ha⁻¹ ($\pm 0,5$ Mg ha⁻¹) encontrado no manejo CS₃₅.

Figura 5. Fitomassa seca (Mg ha⁻¹) nos manejos CS₃₅ (n=120) e CR₅ (n=120). Letras iguais dentro de cada mês não diferem estatisticamente pelo Test T ($p\leq 0,05$). (AQUINO *et al.*, 2017)

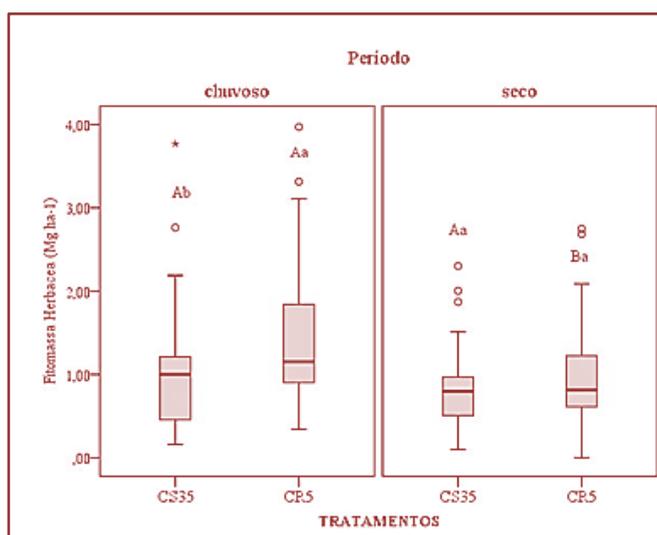


Durante os meses chuvosos, abril a julho de 2013 e fevereiro/2014, a produção de fitomassa seca da vegetação herbácea no manejo CR₅ foi estatisticamente superior a observada no manejo CS₃₅ ($p=0,001$), atingindo o ápice de estoque no mês de fevereiro de 2014, aproximadamente 2,3 Mg ha⁻¹ (Figura 5). No entanto, ainda de acordo com a Figura 4, durante o período de estiagem (agosto a novembro/2013), com

exceção de novembro, não se observou diferença estatística ($p > 0,05$) no estoque de matéria seca entre os manejos investigados. Diferentemente do observado na CR₅, a matéria seca da vegetação herbácea na CS₃₅ apresentou baixas oscilações (Figura 5), as quais contabilizaram estoques de 1,16 Mg ha⁻¹ em abril de 2013 e 1,25 Mg ha⁻¹ em março de 2014.

Embora no período chuvoso, o estoque de matéria seca herbácea do manejo CR₅ tenha sido significativamente ($p \leq 0,05$) superior ao do manejo CS₃₅ (Figura 6), no período seco não foi registrado diferença estatística. Por outro lado, a comparação entre períodos identificou que o estoque ocorrido no período chuvoso (1,38 Mg ha⁻¹) foi estatisticamente superior ao registrado no período seco (0,97 Mg ha⁻¹). Portanto, pode-se afirmar que o manejo CR₅ expressa maior sensibilidade ao regime pluviométrico da região.

Figura 6. Fitomassa herbácea seca (Mg ha⁻¹) durante a estação chuvosa e seca ocorridas nos dois usos da terra: CS₃₅ (n=120) e CR₅ (n=120). Letras minúsculas iguais dentro do período, e maiúscula entre período inter manejos, não diferem estatisticamente pelo Test T ($p \leq 0,05$). (AQUINO *et al.*, 2017)



No manejo CS₃₅ a fitomassa herbácea foi pouco influenciada pela variabilidade anual de precipitação (Figuras 5 e 6). Entretanto, quando se alterou a condição natural da cobertura vegetal pela técnica do raleamento, potencializaram-se diferenças significativas na produção de fitomassa seca entre as estações chuvosa e seca. Por se tratar de espécies com estádios vegetacional de ciclo fenológico curto em apenas dois meses após cessar as chuvas há uma significativa redução no estoque de matéria seca na vegetação, principalmente no manejo CR₅. No entanto, a ocorrência mesmo de pequenas alturas pluviométricas (66,1mm), registradas nos meses de outubro e novembro, impulsionou a recuperação da produtividade primária líquida em dezembro (Figuras 3 e 5). Esta recuperação ocorre de forma mais expressiva no manejo CR₅, diferindo estatisticamente do CS₃₅, devido a maior abundância de espécies herbáceas decorrentes do raleamento (Vê Figura 2).

A maior disponibilidade de fitomassa em áreas submetidas ao manejo de raleamento são verificadas ao final da estação chuvosa (ARAÚJO FILHO *et al.*, 2013), sendo comum uma elevada variabilidade no estoque de biomassa seca (SAWADOGO *et al.*, 2005). Segundo o último autor, diferenças de mais de 500% podem ocorrer entre as estações sucessivas. A redução de matéria seca da fitomassa herbácea na área CR₅ durante a estação de seca decorre da dormência e/ou senescência de indivíduos herbáceos (Figuras 5 e 6), impulsionados pela redução da umidade do solo. A camada superficial expressou a maior variabilidade temporal da umidade (Figura 4), tal fato é decorrente do fluxo de troca de umidade entre o solo e atmosfera pelo processo da evaporação. Jia e Shao (2014) estudando a dinâmica de profundidade da umidade do solo em resposta a restauração da vegetação no planalto de Loess na China, concluíram que a camada superficial (10 cm) apresentaram os maiores coeficientes de variações da umidade do solo.

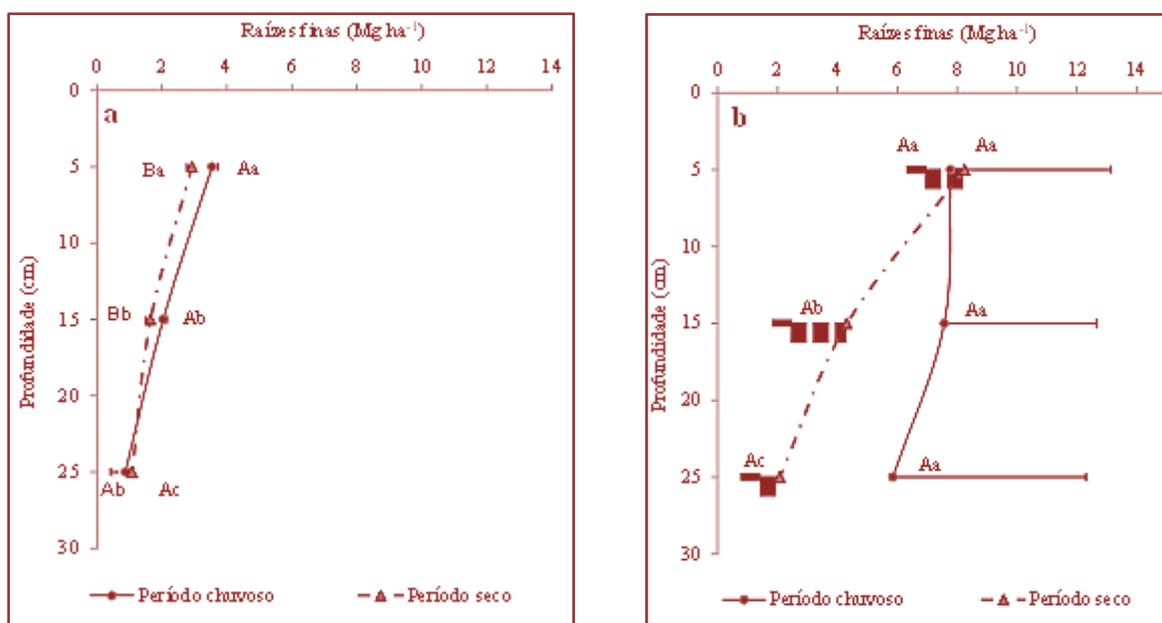
A disponibilidade média de fitomassa seca oriunda da vegetação herbácea na floresta tropical seca - Caatinga é de 1,5 a 4,0 Mg ha⁻¹ (Pereira Filho *et al.*, 2013). Tais variações são condicionadas pelas características locais, especialmente da cobertura do solo por plantas lenhosas e da época de avaliação. Em florestas tropicais secas, a técnica do raleamento transfere a produção de biomassa dos arbustos e árvores para o estrato herbáceo pelo aumento as espécies de gramíneas e dicotiledôneas herbáceas (Barnes, 1979; Whiteman, 1980; Araújo Filho *et al.*, 2002; Palácio, 2011 e Pereira Filho *et al.*, 2013).

De acordo com o modelo conceitual dos principais fatores que controlam a densidade de espécies herbáceas proposto por Grace (1999), o fator penetração de luz até a superfície do solo é mais importante do que a própria fertilidade do habitat. Portanto, a maior disponibilidade do fluxo de energia solar a ser empregado no processo fotossintético do estrato herbáceo localizado abaixo do dossel de florestas submetidas ao raleamento contribuem para o aumento de fitomassa, raízes finas e, conseqüentemente, dos teores de matéria orgânica no solo.

7. PRODUÇÃO DE RAÍZES FINAS

Na investigação do estoque de matéria seca de raízes finas entre o período seco e chuvoso, verifica-se que no manejo CS₃₅ apenas na camada 20-30 cm não apresentou diferença estatística ($p=0,530$) (Figura 7a). A produção de raízes finas na camada total (0-30 cm), entre a estação chuvosa e seca da área raleada foi de 6,45 Mg ha⁻¹ e 5,64 Mg ha⁻¹, respectivamente, contabilizando-se um decréscimo de apenas 0,81 Mg ha⁻¹ (12,5%) entre as supramencionadas estações sazonais de 2013. Os maiores quantitativos de fitomassa seca das raízes finas no CS₃₅ foram encontrados no período chuvoso na camada 0-10 cm, (3,54 Mg ha⁻¹). Entretanto, esta camada armazenou durante este período apenas a metade do quantitativo de raízes finas encontradas no manejo CR₅ (Figura 7b).

Figura 7. Fitomassa seca de raízes finas (Mg ha⁻¹) presente no perfil de profundidade do solo dos manejos CS₃₅ (a) (n=30) e CR₅ (b) (n=30). Letras minúsculas iguais dentro da profundidade, e maiúscula entre períodos (chuvoso, seco) não diferem estatisticamente pelo Test T ($p\leq 0,05$). (AQUINO *et al.*, 2017)



O estoque da matéria seca de raízes finas no manejo CR₅ durante o período chuvoso não apresentou diferenças significativas ($p\leq 0,05$) entre as camadas. Já para o período seco foi registrado uma redução significativa no estoque da massa de raízes finas entre as camadas (Figura 7b). Efetuando-se um somatório dos estoques ocorridos nas três camadas da área raleada, obtêm-se aproximadamente 21,19 Mg ha⁻¹ e 14,63 Mg ha⁻¹ no período chuvoso e seco, respectivamente. O referido decréscimo equivale a uma redução de 6,56 Mg ha⁻¹ (30,9%) em apenas 6 meses.

Os estudos constataram que as concentrações de raízes finas ao longo do perfil do solo, no manejo CR₅, diferenciaram estatisticamente entre as estações chuvosas e secas somente na camada de 20-30 cm. Isto

se explica pela distribuição heterogênea das raízes ao longo do perfil durante a estação seca (Figura 7b). Neste mesmo manejo, o maior estoque de raízes finas durante a estação seca, concentrou-se na camada de 0-10 cm, com aproximadamente 8,25 Mg ha⁻¹ (56%). Esta maior concentração na camada superior é decorrente do encurtamento das raízes pela morte da zona apical (Pinheiro *et al.*, 2013) ou pelo déficit hídrico durante a estação seca na caatinga. Entretanto, durante o período chuvoso houve maior homogeneidade nas concentrações de raízes finas ao longo da profundidade vertical, não havendo diferença significativa ($p > 0,05$) (Figura 7b).

A biomassa das raízes tem sido bem menos avaliada que as do componente aéreo das florestas. Estudos com foco nas estimativas da biomassa radicular em ecossistemas da caatinga são bem recentes, estes se concentram no monitoramento das raízes finas e superficiais (PEREIRA JÚNIOR *et al.*, 2016; AQUINO *et al.*, 2017; SILVA, 2019).

Menezes *et al.*, 2012, estudando a ciclagem biogeoquímica em ecossistemas terrestres de florestas tropicais secas, obtiveram intervalos médios de biomassa radicular (3 a 12 Mg ha⁻¹) na camada de 0-20 cm, dentro dos medidos no manejo CS₃₅ durante o período chuvoso, 5,5 Mg ha⁻¹.

Diante o exposto, pode-se inferir que o decréscimo de matéria seca aérea da fitomassa herbácea no manejo CR₅ ao longo dos meses secos, agosto a novembro (Figuras 5 e 6), decorrentes das baixas precipitações pluviométricas e conseqüentemente redução da umidade no solo estão contribuindo para a morte e posterior redução da biomassa de raízes finas ao longo do perfil do solo, fato não evidenciado nas camadas de 20-30 cm no CS₃₅ e 0-10 cm no CR₅ (Figuras 7a e 7b, respectivamente).

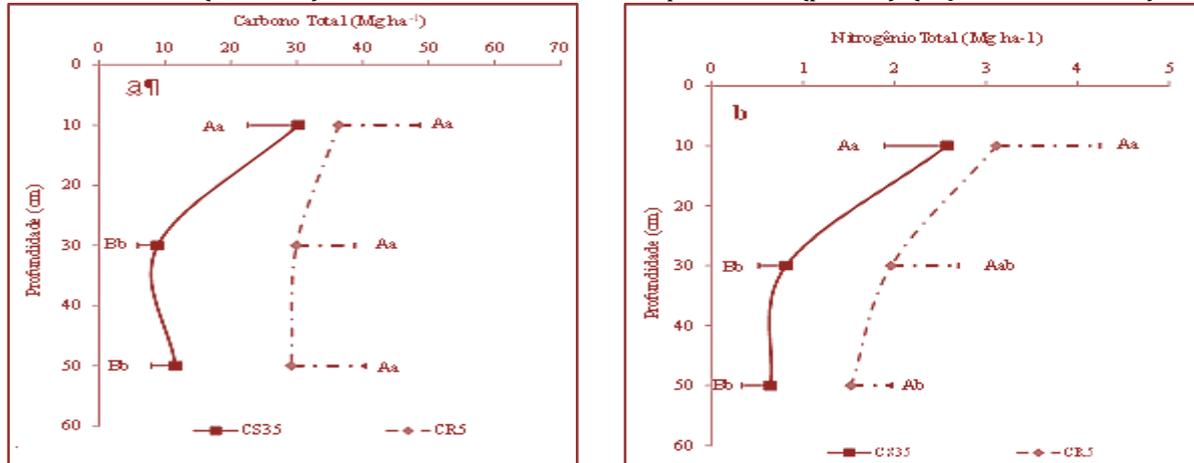
Portanto, após o fim do período chuvoso, inicia-se um incremento significativo de resíduos orgânicos oriundos da morte e ruptura de raízes finas das gramíneas e leguminosas herbáceas à matéria orgânica ao solo. A vegetação devolve nutrientes ao solo por meio da circulação de matéria representada pela deposição de serapilheira e morte de raízes, principalmente as finas (VOGT *et al.*, 1986; LUKAC, 2011; PEREIRA JÚNIOR *et al.*, 2016; AQUINO *et al.*, 2017). A maior distribuição de raízes finas no perfil do solo com predominância de gramíneas herbáceas possibilita o incremento e a liberação de compostos solúveis pela exsudação ou decomposição radicular, facilmente decomponível e utilizável como fonte de energia pelos microrganismos (KUZYAKOV; DOMANSKI, 2000; AQUINO *et al.*, 2015; ROSA, 2018).

Há estimativas de que o estoque de carbono em raízes de florestas tropicais secas no mundo varia entre 17 e 31 Mg ha⁻¹ (JARAMILLO *et al.*, 2003; RAHERISON; GROUZIS, 2005; PEREIRA JÚNIOR, *et al.*, 2016; SILVA, 2019), valores abaixo dos encontrados para florestas tropicais úmidas (36 a 68 Mg ha⁻¹) (SARMIENTO *et al.*, 2005). Na floresta tropical seca do nordeste do Brasil, caatinga, os trabalhos desenvolvidos neste bioma acerca de biomassa de raízes finas, tem revelado que os valores médios de biomassa radicular são dependentes dos diversos usos, sazonalidade climática, distância do caule e tipos de solos. Em profundidades médias de 0-30cm, os resultados têm demonstrado que a biomassa de raízes finas oscilam entre 2 a 20 Mg ha⁻¹ (SALCEDO e SAMPAIO, 2008; MENEZES, *et al.*, 2012; COSTA *et al.*, 2014; AQUINO *et al.*, 2017; SILVA, 2019). Este valor é intermediário aos encontrados no manejo CS₃₅ (3,3 Mg ha⁻¹ e 1,7 Mg ha⁻¹), porém bem inferior aos encontrados no CR₅ (21,2 Mg ha⁻¹ e 14,6 Mg ha⁻¹), para as estações chuvosa e seca, respectivamente. O estoque de raízes finas na profundidade de 30 cm da parcela raleada foi superior aos relatados por Salcedo *et al.* (1999), valores entre 3 a 8 Mg ha⁻¹.

8. ESTOQUES DE CARBONO TOTAL E NITROGÊNIO TOTAL

O estoque de Carbono Total e Nitrogênio Total, em ambos os manejos (Figuras 8a e 8b), não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) na camada de 0-20 cm do solo. Entretanto, para as demais camadas, o manejo CR₅ superou o CS₃₅ no que se refere aos estoques de CT e NT ($P \leq 0,05$).

Figura 8. Estoque de CT (a) e NT (b) no perfil do solo para os manejos CS₃₅ (n=105) e CR₅ (105) durante o período de abril/13 a março/14. Letras minúsculas iguais dentro da profundidade e maiúscula entre microbacias (CS₃₅, CR₅) não diferem estatisticamente pelo Test T ($p \leq 0,05$). (AQUINO *et al.*, 2017)



Ademais, torna-se importante salientar que a vegetação raleada consegue manter o estoque de carbono de forma homogênea ao longo do perfil de profundidade do solo, apresentando valores de $34,17 \text{ Mg ha}^{-1}$ (0-20 cm), $30,28 \text{ Mg ha}^{-1}$ (20-40 cm) e $29,34 \text{ Mg ha}^{-1}$ (40-60 cm) (Figura 8a). Na camada superficial (0-20 cm), o valor de CT no manejo CS₃₅ foi, em média, de $30,43 \text{ Mg ha}^{-1}$, sendo significativamente ($p \leq 0,05$) superior as demais camadas (Figura 8a).

As quantidades de Carbono Total e Nitrogênio Total na camada de 0-20 cm, independentemente da cobertura do solo, apresentaram a maior variabilidade temporal quando comparados com as outras duas camadas, não havendo diferença estatística entre os manejos estudados na camada superficial (Figura 8). Os maiores estoques de carbono observados nas camadas de 10-20 e 20-30 cm do solo no manejo CR₅ quando comparada com o CS₃₅ (Figura 8a), provém do acúmulo de resíduos orgânicos aportados principalmente após a morte das raízes finas conforme já discutido no item 7. As raízes finas são as grandes fornecedoras de carbono ao solo (FREITAS *et al.*, 2008) quando morrem e se decompõem em grandes quantidades durante a estação seca (DOMANSKI, 2000; PAIVA e FARIA, 2007; AQUINO *et al.*, 2015; ROSA, 2018). De acordo com Gonçalves e Melo (2000), o aporte de carbono no solo se deve, principalmente, aos produtos de decomposição de raízes finas, à iluviação de compostos orgânicos oriundos da decomposição de resíduos vegetais depositados sobre o solo e ao material incorporado pelo movimento da macro e mesofauna.

Outro fator que possivelmente contribuiu para os maiores estoques de carbono nas camadas subsuperficiais do manejo CR₅, fundamenta-se nos resultados encontrados por Rodrigues *et al.* (2013). Esses autores verificaram que o desenvolvimento da vegetação herbácea aumentou a oportunidade de infiltração e reduziu o escoamento superficial em todo o período investigado. O maior tempo de oportunidade de infiltração no manejo CR₅ contribuiu para o aumento da umidade ao longo do perfil estudado (Figura 4), crescimento do sistema radicular das plantas herbáceas, além de contribuir com maiores taxas de iluviações de carbono e nitrogênio a maiores profundidades.

Os estoques de CT e do NT em ambas os manejos diminuíram com a profundidade (Figuras 8a e 8b). Sabe-se que os maiores estoques destes elementos na superfície do solo, indicam iminente risco de grandes quantidades de CO₂ serem liberadas da superfície do solo para a atmosfera caso o uso da terra seja convertido para manejos com intensa mobilização e revolvimento do solo (TIESSSEN *et al.*, 1998). O maior acúmulo de CT e NT na camada superficial do solo já foi identificado em diferentes partes do globo (HAILE *et al.*, 2008; ATICHO, 2013; GELAW *et al.*, 2014).

O estoque de carbono na camada 0-20 cm no CS₃₅ (30 Mg ha^{-1}) e no CR₅ (40 Mg ha^{-1}) estão dentro do intervalo dos valores encontrados em solos do semiárido brasileiro, 20 a $48,4 \text{ Mg ha}^{-1}$, (GIONGO *et al.*, 2011); da região Amazônica em profundidade de 30 cm, 30 a 60 Mg ha^{-1} , (BERNOUX *et al.*, 2002) e do Cerrado brasileiro, $38,7 \text{ Mg ha}^{-1}$, (MAIA *et al.*, 2009).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- 1- Este trabalho demonstra que o manejo de raleamento contribui para o maior estoque de carbono total e nitrogênio total no solo quando comparado com uma área mantida conservada há 35 anos em uma floresta tropical seca - bioma caatinga;
- 2- O estoque de matéria seca da vegetação herbácea da área submetida ao manejo CR₅ foi superior durante o período chuvoso. Já no manejo CS₃₅, o estoque se mantém constante independente da época do ano;
- 3- O aumento da cobertura herbácea influi na dinâmica da umidade do solo, permitindo maior aprofundamento das raízes finas, associado ao aumento da umidade, estoque de carbono e nitrogênio no solo no manejo CR₅, inclusive em profundidades maiores;
- 4- A prática de raleamento favoreceu o incremento de carbono ao longo do perfil do solo oriundo de resíduos orgânicos de espécies vegetais com metabolismo do ciclo C₄ (gramíneas tropicais);
- 5- Este trabalho aponta que a implementação do raleamento no bioma caatinga surge como alternativa de manejo a ser considerada em projetos de sustentabilidade no semiárido, contribuindo com a maximização da produção de forragem herbácea para alimentação de pequenos e grandes ruminantes, pasto apícola, além do aumento do estoque de carbono no solo das florestas secas tropicais e mitigação do aquecimento global;
- 6- Mesmo apresentado menores quantitativos de biomassa aérea, a floresta tropical seca -caatinga, os valores do estoque de carbono e nitrogênio do solo encontrados nesta pesquisa estão próximos dos observados em outros biomas brasileiros, a exemplo do Cerrado.

REFERÊNCIAS

- [1] Aduan, E. A.; Vilela, M. F.; Klink, C. A. Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres: o caso do cerrado brasileiro. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 30p.
- [2] Andrade, E. M.; Aquino, D.N.; Chaves, L. C. G.; Lopes, F. B. Water as Capital and Its Uses in the Caatinga. In: SILVA, J. M. C.; Leal, I. R.; Tabarelli, M. Caatingas: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America. Springer, p.281-300, 2017.
- [3] Andrade, E. M.; Valbrun, W.; Almeida, A. M. M.; Rosa, G.; Silva, A. G. R. Land-Use Effect on Soil Carbon and Nitrogen Stock in a Seasonally Dry Tropical Forest. *Agronomy*, v.10, n.158, p.2-14, 2020.
- [4] Andrade, A. R. S.; Paixão, F. J. R.; Azevedo, C. A. V.; Gouveia, J. P. G. Oliveira Júnior, J. A. S. Estudo do comportamento de períodos secos e chuvosos no município Garanhuns, PE, para fins de planejamento agrícola. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.1, n.1, p.55-61, 2008.
- [5] Aquino, D. N.; Andrade, E. M.; Castanho, A. D. A.; Pereira Júnior, L. R.; Palácio, H. A. Q. Belowground Carbon and Nitrogen on a Thinned and Un-Thinned Seasonally Dry Tropical Forest. *American Journal of Plant Sciences*, v.8, 2083-2100. 2017.
- [6] Aquino, D. N.; Andrade, E. M. ; Palacio, H. A. Q. ; Pereira Junior, L. R. ; LIMA, F. P. . Efeito do raleamento na produção de fitomassa de raízes finas em fragmentos do bioma caatinga. In: II Simpósio Nacional de Recursos Naturais DO Semiárido, 2015, Quixadá. II SBRNS, 2015.
- [7] Araújo Filho, J. A.; Carvalho, F. C.; Garcia, R., Sousa, R. A. Efeitos da Manipulação da Vegetação Lenhosa sobre a Produção e Compartimentalização da Fitomassa Pastável de uma Caatinga Sucessional. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, p.11-19, 2002.
- [8] Araújo Filho, J. A. Manejo Pastoral Sustentável da Caatinga. Recife, PE: Projeto Dom Hélder Câmara, 200p. 2013.
- [9] Aticho, A. Evaluating organic carbon storage capacity of forest soil: case study in Kafa Zone Bitá District, Southwestern Ethiopia. *Amer-Eurasian Journal Agriculture & Environ Sciences*, 13, 95–100. 2013.
- [10] Aweke M.; Gelawa, B. R.; Singha, R. L. Soil organic carbon and total nitrogen stocks under different land uses in a semi-arid watershed in Tigray, Northern Ethiopia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 188, p. 256–263, 2014.
- [11] Barnes, D. Cattle ranching in the semi-arid savannas of East and Southern Africa. In: Walker BH, ed, *Management of semi-arid ecosystems*. Elsevier, Amsterdam, p. 9-59, 1979.
- [12] Bernoux, M.; Carvalho, M. C. S.; Volkoff, B.; Cerri, C.C. Brazil's Soil Carbon Stocks. *Soil Science Society of America Journal*, v.66, p.888-896, 2002.
- [13] Blake, G. R.; Hartge, K. H. Bulk density. In: Klute, A., ed. *Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods*. 2.ed. Madison, ASA-SSSA, p.363-375, 1986.

- [14] Conrado, J. A. A.; Cavalcante, A. C. R.; Tonucci, R. G.; Saldanha, A. R.; Cândido, M. J. D. Management of natural pasture increases native and exotic herbaceous biomass and biodiversity in the Caatinga of Brazil. *Semina. Ciências Agrárias* (ONLINE), v. 40, p. 867-884, 2019.
- [15] Costa, T.L.; Sampaio, E.V.S.B.; Sales, M.F.; Accioly, L.J.O.; Althoff, T.D.; Pareyn, F.G.C.; Albuquerque, E.R.G.M.; Menezes, R.S.C. Root and shoot biomasses in the tropical dry forest of semi-arid Northeast Brazil. *Plant Soil*, v. 378, p.113-123, 2014.
- [16] Erktan, A.; McCormack, M. L.; Roumet, C. Frontiers in root ecology: recent advances and future challenges. *Plant and Soil*, v. 424, n. 1-2, p. 1-9, 2018.
- [17] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Manual de métodos de análises de solo. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 212p, 1997.
- [18] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – 2 ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação: Rio de Janeiro Embrapa Solos, 2006.
- [19] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. Brasília, Informação Tecnológica, 628p. 2009.
- [20] Instituto Nacional do Semiárido – INSA. Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro. Salomão de Sousa Medeiros...[et al.].— Campina Grande: INSA, 103p. 2012.
- [21] Freitas, T. A. S.; Barroso, D. G.; Carneiro, J. G. A. Dinâmica de raízes de espécies arbóreas: visão da literatura. *Ciência Florestal*, v.18, p. 133-142, 2008.
- [22] Galindo, I. C. L.; Ribeiro, M. R.; Santos, M. F. A. V.; Lima, J. F. W. F.; Ferreira, R. F. A. L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.32, p.1283-1296, 2008.
- [23] Gelaw, A. M.; Singh, B. R.; Lal, R. Soil organic carbon and total nitrogen stocks under different land uses in a semi-arid watershed in Tigray, Northern Ethiopia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.188, p. 256-263, 2014.
- [24] Gibbs, H. K., Brown, S., Niles, J.O., Foley, J.A. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters*, v. 2, 045023, 2007.
- [25] Giongo, V.; Galvão, S. R. S.; Mendes, A. M. S.; Gava, C. A. T.; Cunha, T. J. F. Soil Organic carbon in the Brazilian Semi-arid tropics. *Global Science Books, Dynamic soil, dynamic plant*, v.5, Special Issue 1, p. 12-20, 2011.
- [26] Gonçalves, J. L. M.; Mello, S. L. M. O sistema Radicular das Árvores. In: *Nutrição e Fertilização Florestal*. IPEF, Piracicaba, 2000.
- [27] Grace, J.B. The factors controlling species density in herbaceous plant communities: an assessment. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. v. 1, p. 1-28. 1999.
- [28] Guo, Q. F. Microhabitat differentiation in Chihuahuan Desert plant communities. *Plant Ecology*, v.139, p.71-80, 1998.
- [29] Haile, G.S., Nair, P.K.R., NAIR, V.D. Carbon storage of different soil-size fractions in Florida Silvopastoral systems. *Journal of Environmental Quality*, v.37, p.1789-1797, 2008.
- [30] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 15 de julho de 2014.
- [31] IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2004. Perfil básico municipal. Iguatu. 24p.
- [32] Jansen, H. H. Soil carbon: A measure of ecosystem response in a changing world? *Canadian Journal of Science*, v.85, n.4, p.467-480, 2005.
- [33] Jaramillo, V.; Boone, J.; Rentería-Rodríguez, L.; Cummings, D.; Ellingson, L. Biomass, carbon, and nitrogen pools in Mexican tropical dry forest landscapes. *Ecosystems*, v.6, n.7, p.609-629, 2003.
- [34] Jia, Y. H.; Shao, M. A. Dynamics of deep soil moisture in response to vegetational restoration on the Loess Plateau of China. *Journal of Hydrology*, v.519, p. 523-531, 2014.
- [35] Kirmse, R.D.; Provenza, F.D.; Malechek, J.C.; Clearcutting Brazilian Caatinga: assessment of a traditional forest grazing management practice. *Agroforestry Systems*, n.5, p.429-441, 1987.
- [36] Kuzyakov, Y.; Domanski, G. Carbon input by plants into the soil. Review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v.163, n. 4, p. 421-431, 2000.
- [37] Leckie, D. G.; Tinis, S.; Nelson, T.; Burnett, C.; Gaugeon, F. A.; Cloney, E.; Paradine, D. Issues in species classification of trees in old growth conifer stands. *Canadian Journal of Remote Sensing*, v. 31, n. 2, p.175-190, 2005.

- [38] Lima, D. A. The Caatingas dominium. *Revista Brasileira de Botânica*, v.4, n.2, p.149-163,1981.
- [39] Lukac, M. Fine Root Turnover. In: Mancuso, S. (Ed.). *Measuring roots: an updated approach*. New York: Springer Science & Business Media. p. 363-373. 2011.
- [40] Maia, S.; OGLE, S.; Cerri, C. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. *Geoderma*, 149, p. 84-91, 2009.
- [41] Matamala, R.; Gonzalez-Meler, M. A.; Jastrow, J.D.; Norby, R.J.; Schlesinger, W.H. Impacts of fine root turnover on forest NPP and soil C sequestration potential. *Science*, 302, p.1385-1387. 2003.
- [42] Menezes, R. S. C.; Sampaio, E. V. S. B.; GIONGO, V. B.; Pérez-Marin, A. M. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. *Brazilian Journal of Biology*, v. 72, no. 3 (suppl.), p. 643-653, 2012.
- [43] Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas; Caatinga. 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?>Acesso em 29 de Jan de 2020.
- [44] Mielniczuk, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas Agrícolas. Santos, G. A.; Camargo, F. A. O. In: *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Gênese, Porto Alegre, p. 1-8, 1999.
- [45] Orgill, S. E.; Spoljaric, N.; Kelly, G. Soil carbon under perennial pastures; benchmarking the influence of pasture age and management. *Soil Change Matters*, v.25, p.1-4, 2015
- [46] Paiva, A. O.; Faria, G. E. Estoque de carbono do solo sob cerrado sensu stricto no Distrito Federal, Brasil. *Revista Tropica-Ciências Agrárias e Biológicas*, v.1, p.59-65, 2007.
- [47] Palacio, H. A. Q. Avaliação emergética de microbacias hidrográficas do semiárido submetidas a diferentes manejos. 149f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.
- [48] Pansu, M, Gautheyrou, J. *Handbook of Soil Analysis-Mineralogical, Organic and Inorganic Methods*. Springer, 2006, 993 p.
- [49] Park, B. B.; Yanai, R. D. Estimating root biomass in rocky soils using pits, cores, and Allometric Equations. *Soil Science Society of America Journal*, v.71, n.1, 2007.
- [50] Pereira Filho, J. M.; Bakke, O.A. Produção de Forragem de espécies herbáceas da Caatinga. In: SAMPAIO, E.V. S. B.; Cestaro, L. A.; Kageyama, P.Y *Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga*. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, p.145-159, 2010.
- [51] Pereira Filho, J. M.; Silva, A. M. A.; César, M. F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, v.14, n.1, p.77-90, 2013.
- [52] Pereira Junior, L. R. ; Andrade, E. M. ; Palácio, H. A. Q.; Raymer, P.C.L. ; Ribeiro Filho, J. C. ; Pereira, F. J. S.. Carbon stocks in a tropical dry forest in Brazil. *Revista Ciencia Agronomica*, v. 47, p. 34-40, 2016
- [53] Pérez-Harguindeguy, N. et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, v. 61, n. 3, p. 167-234, 2013.
- [54] Pimentel, J. V. F. Caatinga e manejo agrossilvipastoril. In: Andrade, E. M.; Pereira, O. J.; Dantas, F. E. R. (Org.). *Semiárido e o manejo dos recursos naturais: uma proposta de uso adequado do capital natural*. 2ª ed, Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora . Cap. 5, p.109-135, 2016.
- [55] Pinheiro, E. A. R.; costa, C. A. G.; Araújo, J. C. Effective root depth of the Caatinga biome. *Journal of Arid Environments*, 89, p.1-4, 2013.
- [56] Raheison, S. M.; Grouzis D. M. Plant biomass, nutrient concentration and nutrient storage in a tropical dry forest in the south-west of Madagascar. *Plant Ecology*, v.180, n.1, p.33-45, 2005.
- [57] Ribeiro, T. O.; Souto, P. C.; Souza, B. V.; Souto, J. S.; Maracaja, P. B. Floor quantification of fuel on the forest in the semiarid region of Paraíba, Brazil. *Revista Verde*, v. 7, n. 2, p. 50-59, 2012.
- [58] Rosa, G. Q. Estoque de carbono em diferentes usos da terra e dinâmica das raízes finas em floresta tropical seca. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- [59] Rodrigues, J. O.; Andrade, E. M.; Mendonça, L. A. R.; Araújo, J. C.; Palácio, H. A. Q.; Araújo, E. M. Respostas hidrológicas em pequenas bacias na região semiárida em função do uso do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.3, p.312-318, 2013.
- [60] Salcedo, I.H.; Sampaio, E.V.S.B. & Alves, G.D. Mineralização do carbono e do nitrogênio em solo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.9, p.33-38, 1985.
- [61] Salcedo, I.H.; Leite, L.; Vasconcelos, E.; Souza, F.; Sampaio, E.V.S.B. Produção de raízes finas sob vegetação de Caatinga. *Proceedings of the Workshop Sobre Sistema Radicular: metodologias e estudos de caso*, 1999. Aracaju: EMBRAPA. p.139-152. 1999.

- [62] Salcedo, I. H.; Sampaio, E. V. S. B. Matéria orgânica do solo no bioma Caatinga. Santos, G. A.; Silva, L. S.; CANELLAS, L. P.; Camargo, F. A. O. In: Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. revisada e atual, Metrópole, Porto Alegre, cap. 22, p. 419 - 441, 2008.
- [63] Sampaio, E. V. S. B.; Silva, G. C. Biomass equations for brazilian semiarid Caatinga plants. Acta Botânica Brasileira, v. 19, n. 4, p. 935-943, 2005.
- [64] Santos, H.G. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.
- [65] Sarmiento, G.; Pinillos, M.; Garay, I. Biomass variability in tropical American lowland rainforests. Ecotropics, v.18, n.1, p.1-20, 2005.
- [66] Sawadogo, L.; Tiveau, D.; Nygard, R. Influence of selective tree cutting, livestock and prescribed fire on herbaceous biomass in the savannah woodlands of Burkina Faso, West Africa. Agriculture, Ecosystems & Environment, 105, p.335-345, 2005.
- [67] Savadogo, P.; Tiveau, D., Sawadogo, L., Tigabu, M. Herbaceous species responses to long term effects of prescribe fire, grazing and selective cutting tree in the savanna-woodland of west Africa. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 10, p.179-195, 2008.
- [68] Silva, D. J.; Queiroz, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
- [69] Silva ARAUJO, J.K.; de Souza Júnior, V.S.; Marques, F.A.; Voroney, P.; Sousa, R.A. Assessment of carbon storage under rainforests in Humic Hapludox along a climosequence extending from the Atlantic coast to the highlands of northeastern Brazil. Sci. Total Environ, v. 568, p.339-349. 2016
- [70] Silva, A. G. R. Dinâmica na produção de biomassa radicular em anos secos, em Floresta Tropical Seca, Caatinga. Graduação em Agronomia na Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2019. 48f. (Graduação)
- [71] Silver, W. L.; Thompson, A.W.; McGroddy, M. E.; Varner, R. K.; Dias, J. D.; Silva, H.; Crill, P. M.; Kellers, M. Fine root dynamics and trace gas fluxes in two lowland tropical forest soils. Global Change Biology, v.11, p.290-360, 2005.
- [72] Sousa, S. M. S. C.; Fraga, V. S.; Salcedo, I. H. Frações lábeis da matéria orgânica de solos na região semi-árida. In: Menezes, R. S. C.; Sampaio, E.V.S.B.; Salcedo, I. H. (Org.). Fertilidade do Solo e Produção de Biomassa no Semi-Árido. Recife: Editora Universitária da UFPE, p. 105-122. 2008.
- [73] Tiessen, H.; Feller, C.; Sampaio, E.V. S. B.; GARIN, P. Carbon sequestration and turnover in semiarid savannas and dry forests. Climatic Change, v.40, p.105-117, 1998.
- [74] Veldkamp, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. Soil Science Society of America Journal, v.58, p.175-180, 1994.
- [75] Vogt, K.A.; Grier, C.C.; Vogt, D.C. Production, turnover and nutrient dynamics of above and belowground detritus of world forests. Advances in Ecological Research, v.15, p.203-234, 1986.
- Whiteman, P.C. Tropical pasture science. Oxford Univ Press, Oxford, 392 p, 1980.

Autores

AGNALDO RODRIGUES DE MELO CHAVES

Engenheiro Agrônomo, Mestre, Doutor e Pós-Doutorado pela Universidade Federal de Viçosa. Foi Professor Adjunto na Universidade Federal do Amazonas no Departamento de Produção Animal e Vegetal ministrando disciplinas de Fisiologia Vegetal e Fisiologia da Produção. Atualmente é Pesquisador na Embrapa Semiárido, desenvolvendo pesquisas em plantas nativas e cultivadas submetidas a condições de estresse abiótico (déficit hídrico, temperatura e nutrição), com ênfase na prospecção de materiais para uso no melhoramento vegetal, com vistas na obtenção de plantas que produzam satisfatoriamente em condições de estresse. Possui ações de parceria tanto com universidades quanto com outras unidades de pesquisa da Embrapa.

ALEF JAKSON SANTOS

Acadêmico em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará campus Juazeiro do Norte. Estagiário em Desenvolvimento Sustentável na Grendene S/A Filial 06. Bolsista PIBIC/CNPq IFCE - Juazeiro do Norte. Atua na Área de Processos Administrativos e Auxilia no Gerenciamento de Resíduos sólidos, Tratamento de Efluentes, Águas Industriais e Eficiência Energética.

ANA CLAUDIA DAVINO DOS SANTOS

Possui ensino-medio-segundo-graupela escola estadual professora Abigail Guerra (2015). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Ciência do Solo.

ANA CLAUDIA GOMES DA SILVA

Engenheira agrônoma formada pelo Instituto Federal do Ceará Campus Limoeiro do Norte.

ANGÉLICA MARIA LUCENA GONÇALVES

Graduanda em Engenharia de materiais - UFCA. É atualmente bolsista de Iniciação Científica - PIBIC/UFCA. Atuando principalmente nos seguintes temas: Monitoramento das variáveis hidroquímicas, índices e indicadores de qualidade das águas superficiais, biogeoquímica de nutrientes.

ANTÔNIO CICERO DE SOUSA

Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal da Paraíba, Mestre em Química Inorgânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Licenciado em Química pelo Instituto Federal da Paraíba. Professor do Quadro Efetivo da Universidade Estadual de Alagoas, Campus III. Atua na área de Desenvolvimento de Materiais Para Remediação Ambiental e Novas Tendências e Tecnologias Aplicadas à Educação.

AYRTON ROGÉRIO DA SILVA

Graduando em Bacharelado em Sistemas de Informação com experiência em Arduino e aplicações móveis.

BARBARA THIALLY DE SOUZA GOMES

Graduanda em Engenharia de Materiais - UFCA. É atualmente bolsista de Iniciação Científica e Tecnológica - ICT/FUNCAP. Atuando principalmente nos seguintes temas: Monitoramento das variáveis hidroquímicas, índices e indicadores de qualidade das águas superficiais, biogeoquímica de nutrientes.

BEATRIZ LOPES E FIGUEREDO

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária (2016) e Técnica em Desenvolvimento Social (2008) pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB (2018), mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA pela Universidade Federal do Ceará. Competência acadêmica para atuar na Gestão de Projetos Urbanos, Planejamento ambiental urbano, Assessoria e Licenciamento Ambiental; Meio Ambiente e Segurança do Trabalho.

BRENDA BEZERRA BRAGA

Possui graduação (bacharelado) em Engenharia Ambiental e Sanitária (2016), mestranda em Engenharia Agrícola (2017), na linha de pesquisa de Hidrologia e Hidrossedimentologia. Tem experiência na área de Bioquímica e fisiologia vegetal, reutilização de resíduos sólidos, hidrologia e sedimentologia, atuando principalmente nos seguintes temas: assoreamento de reservatórios, qualidade de água e solo, reuso de sedimentos.

CARLOS GOMES DA SILVA JÚNIOR

Especialização em MBA Gestão de Projetos (2016), Especialização MBA Gestão Estratégica de Pessoas (2018) e Graduação em Administração de Empresas com Habilitação em Recursos Humanos (2018) pela Faculdade Estácio de Sá (Estácio Sergipe). Técnico em Edificações (2014) e Graduando em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe/IFS - Campus Aracaju. Bolsista em Pro Reitoria de Pesquisa e Extensão do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe. (PROPEX/IFS).

CLÁUDIA ESTEFANI RODRIGUES SARAIVA

Bacharel em Geologia pela Universidade Federal do Ceará (2018). Possui experiência na área de Geociências, com ênfase em Geofísica Aplicada a Hidrogeologia e Prospecção Mineral.

DAYANA KELLY ARAUJO SANTOS

Técnica em Edificações (2018) e Graduanda em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe/IFS - Campus Aracaju /IFS. Estagiária em Companhia de Saneamento do Estado de Sergipe (DESO).

DEBORA COSTA BASTOS

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras (1997), mestrado em Produção Vegetal pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2002), doutorado em Fitotecnia pela Universidade de São Paulo (2006) e Pós-Doutorado em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Lavras (2007). Possui especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Estadual de Minas Gerais, Campus de Varginha (1998). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fruticultura, atuando principalmente nos seguintes temas: propagação de plantas, produção de mudas, manejo e tratamentos culturais de frutíferas, fisiologia de frutíferas, micropropagação de plantas e frutíferas exóticas. Desde 2006 é pesquisadora da Embrapa Semiárido.

DEIVID VITOR DOS SANTOS

Bacharel em Engenharia de Materiais - UFCA. Foi bolsista de iniciação Científica - PIBIC/UFCA. Têm experiência em análises espectrofotométrica de amostras ambientais, atuando principalmente nos seguintes temas: contaminantes ambientais, geoquímica de metais-traço

DEODATO DO NASCIMENTO AQUINO

Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Iguatu-CE (1996-1998). Possui o Título de Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal da Paraíba (2001 - 2005). Mestrado (MSc.) em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal do Ceará (2006 - 2007) atuando na Linha de Pesquisa: Utilização de Sistemas de Informações Geográficas em Manejo de Bacias Hidrográficas do Semiárido Nordestino. Doutor em Engenharia Agrícola na Universidade Federal do Ceará (UFC) área de concentração: Manejo de Bacias Hidrográficas no Semiárido (2012 - 2015). Período de Doutorado Sanduíche no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - (2014). Perito Federal Agrário (Engenheiro Agrônomo) do INCRA-SR(02) Ceará (2007 - atualmente). Membro Titular do Comitê da Reserva Biosfera da Caatinga do Estado do Ceará e membro do Conselho Interinstitucional de Educação Ambiental do Ceará.

EUNICE MAIA DE ANDRADE

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará (1985), mestrado em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal do Ceará (1988) e doutorado em Recursos Naturais Renováveis pela Universidade do Arizona, USA (1997). Efetuou estagio pós-doc na Universidade de Valladolid, Espanha (2011-2012). Atualmente é Professora Visitante Sênior da Universidade Federal Rural do Semiárido. Tem experiência com Manejo de Bacias Hidrográficas e regimes hidrológicos de Regiões Semiáridas. Desenvolve pesquisas voltadas para o semiárido, atuando principalmente nos seguintes temas: hidrologia de regiões semiáridas, sustentabilidade do capital natural, qualidade das águas, conservação de solo e água no semiárido, fluxo e estoque de carbono na caatinga. Publicou 145 artigos em periódicos indexados, nacionais e internacionais, e 380 artigos completos e resumos expandidos em eventos nacionais e internacionais. Já orientou 62 Iniciação Científica, 39 dissertações de mestrado e 10 teses de doutorado. É bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - nível 1A. Foi Editora chefe da Revista Ciência Agrônômica no período de 2003-2012. É líder do Grupo de pesquisa MASSA - Manejo de Água e Solo no SemiÁrido. Tem interesse no desenvolvimento de modelos sustentáveis de produção agropecuária no semiárido tropical ante às mudanças climáticas.

FRANCISCA DENISE PEREIRA ALMEIDA

Graduanda em Engenharia Civil - UFCA. É atualmente monitora de disciplina e voluntária de Iniciação Científica. Atuando principalmente nos seguintes temas: Monitoramento das variáveis hidroquímicas, índices e indicadores de qualidade das águas superficiais.

FRANCISCO JOSÉ DE PAULA FILHO

Doutor em Ciências Marinhas Tropicais - LABOMAR/UFC. É professor Universidade Federal do Cariri, onde coordena a Central Analítica. É professor do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável - PRODER/UFCA. É bolsista de Produtividade em Pesquisa - BPI/FUNCAP. Membro do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Salgado. Têm experiência na área de Química Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: índices e indicadores de qualidade das águas superficiais, contaminantes ambientais, biogeoquímica e fluxos de nutrientes e metais-traço em bacias hidrográficas.

GESIVALDO JESUS ALVES DE FIGUEIRÊDO

Possui Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB); Graduação em Química Industrial e em Licenciatura em Química, também pela UFPB e, concluiu o Curso Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Crato. É professor efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), campus João Pessoa. Líder do grupo de pesquisa intitulado "Tecnologias Sustentáveis de Tratamento de Água", cadastrado no CNPq e certificado pelo IFPB. Tem experiência na área de Química, atuando principalmente nos seguintes temas: Ensino de Química, Meio Ambiente, Educação Ambiental, Qualidade de Água e Processos de Adsorção para Tratamento de Água e Efluentes.

GESSICA RAFAELLY DANTAS DA SILVA

Bacharel em Ecologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mestranda do programa de pós-graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade (PPGATS) da UFERSA. Atualmente desenvolvendo pesquisas no Laboratório de Ecologia Evolutiva e Molecular (ECOMOL). Atuante em pesquisas com ênfase na conservação da biodiversidade em áreas naturais protegidas e atividades de extensão com cunho educativo aliando sustentabilidade e conservação da biodiversidade.

HELBA ARAÚJO DE QUEIROZ PALÁCIO

Possui graduação em Licenciatura Em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1989), mestrado em Irrigação e Drenagem - área de concentração em Manejo de Bacias Hidrográficas pela UFC (2004) e doutorado em Engenharia Agrícola com área de concentração em Manejo de Bacias Hidrográficas do Semiárido pela Universidade Federal do Ceará (2011). É professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Iguatu desde 1990. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Irrigação e Drenagem e Manejo de Bacias Hidrográficas, atuando principalmente nos seguintes temas: manejo de água e solo, irrigação, salinidade, sodicidade, carga iônica e qualidade das águas.

JACQUES CARVALHO RIBEIRO FILHO

Tecnólogo em Irrigação e Drenagem pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Iguatu. Possui mestrado em Manejo de Solo e Água pela Universidade Federal do Semi-Árido. Atualmente é Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela Universidade Federal do Ceará, tendo como área de concentração: Manejo de Bacias Hidrográficas no Semiárido.

JOÃO VICTOR BARBOSA MOURA

Doutor em Física - UFC. Atualmente é Técnico do Laboratório de Caracterização de Materiais - UFCA. Atua em Física da Matéria Condensada, com ênfase em: Micro/nanomateriais, sínteses de molibdatos e tungstos, estudo de transições de fase induzidas por condições extremas de pressão e/ou temperatura, espectroscopia Raman e no infravermelho, difração de raios-X e microscopia eletrônica de varredura.

JOAQUIM BERNARDINO MOREIRA FILHO

Estudante do Curso de Engenharia de Materiais na Universidade Federal do Cariri (UFCA). É bolsista de Iniciação Científica do programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e à Inovação Tecnológica - BPI/FUNCAP, com enfoque na seguinte área: Biogeoquímica e Fluxos de Contaminantes entre Bacias Hidrográficas do Semiárido Cearense.

JORGE MARCELL COELHO MENEZES

Doutorando em Química Biológica pela Universidade Regional do Cariri - URCA. Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB (2012). Técnico da Central Analítica da Universidade Federal do Cariri - UFCA.

LARISSA SARAIVA OLIVEIRA

Bacharela em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Cariri (UFCA). Experiência em caracterização de materiais pelas técnicas de Espectrometria de Absorção Atômica por Chama (FAAS), Fluorescência de Raios-X (FRX), Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e Espectrofotometria UV / Vis

LAYSE SOUZA SAMPAIO

Técnica em Edificações (2018) e Cursando Técnico Subsequente em Segurança do Trabalho pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe/IFS - Campus Aracaju. Estagiária em Habitacional Construções.

LEONARDO ALVES PINTO

Estudante do Curso de Engenharia de Materiais na Universidade Federal do Cariri (UFCA). Atualmente é bolsista de Iniciação Científica do programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e à Inovação Tecnológica - BPI/FUNCAP, com enfoque na seguinte área: Biogeoquímica e Fluxos de Contaminantes entre Bacias Hidrográficas do Semiárido Cearense.

LUCIANA MARTINS SANTOS

Aluna dos programas de pós-graduação Análises Clínicas/UPE (Lato sensu) e Recursos Genéticos Vegetais/UFRB (Stricto sensu). Formada em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco-UPE (2015). Tem experiência como bolsista (PIBIC/CNPq) nas áreas: irrigação (agricultura de precisão) com ênfase em Calibração de sensor de capacitância, irrigação com restrição hídrica e ecofisiologia vegetal, desenvolvidos na Embrapa Semiárido entre os anos de 2012 e 2015.

LUIZ CARLOS DA SILVA JÚNIOR

Possui graduação em licenciatura plena em física pela Universidade Federal Rural de Pernambuco(2011), mestrado em Física Aplicada pela Universidade Federal Rural de Pernambuco(2013) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco(2019). Atualmente é Professor Assistente-1 da Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Atuando principalmente nos seguintes temas: Quatérnios de Hamilton., Quatérnios generalizados., Corpos finitos., Transformada de Fourier quaterniônica, Transformada numérica de Fourier quaterniônica e Processamento digital de imagens..

MARCOS ADRIANO DE SOUZA

Graduando em Bacharelado em Sistemas de Informação, com experiência em Arduino e aplicações móveis.

MÁRIO HENRIQUE BENTO GONÇALVES E OLIVEIRA

Possui graduação em Física (Graduação) pela Universidade Federal de Pernambuco (1998), mestrado em Física pela Universidade Federal de Pernambuco (2001) e doutorado em Física pela Universidade Federal de Pernambuco (2006). Atualmente é professor associado 2 da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Materiais Magnéticos e Propriedades Magnéticas, atuando principalmente nos seguintes temas: física básica, admissão, educação, física e automação.

MAYHARA MARTINS CORDEIRO BARBOSA

Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (2007). Mestrado em Microbiologia Agropecuária pela Universidade Estadual Paulista (2010). Doutorado em Aquicultura pelo Centro de Aquicultura da UNESP. Professora do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Instituto Federal do Ceará, campus Quixadá (2011-2018). Atualmente, leciona no curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do IFCE, campus Paracuru.

MYCHELLE KARLA TEIXEIRA DE OLIVEIRA

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2007), mestrado em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2009) e doutorado em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2014). Atuou como pesquisadora do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com Pós-doutorado Júnior (PDJ), no período de 2016 a 2018, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Atualmente está exercendo o cargo de Professora Visitante, junto ao Programa de Pós-graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade (PPGATS), na Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Executa pesquisas nas áreas de ciências agrárias e ciências ambientais, com enfoque na produção de essências florestais e horticultura geral.

NARJARA MARIA ARAUJO CARNEIRO

Bacharel em Geologia pela Universidade Federal do Ceará. Interesse em Geologia Sedimentar, Ambiental e Hidrogeologia.

PAULO HENRIQUE ALMEIDA DA HORA

Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal da Paraíba, Mestre em Química Inorgânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Licenciado em Química pelo Instituto Federal da Paraíba. Professor do Quadro Efetivo da Universidade Estadual de Alagoas, Campus III. Atua na área de Desenvolvimento de Materiais Para Remediação Ambiental e Novas Tendências e Tecnologias Aplicadas à Educação.

PEDRO PAULO BEZERRA FERREIRA

Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco (2013). Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Vale São Francisco. Doutorando em Botânica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Atualmente trabalha com plantas de interesse econômico, com ênfase em relações hídricas, trocas gasosas. Atuando principalmente, nos seguintes temas: deficiência hídrica, tolerância à seca e ecofisiologia de plantas.

RAÍ FELIPE PEREIRA JUNIO

É aluno do curso de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais pelo Instituto Militar de Engenharia (IME), Mestrado. Possui graduação em Manutenção Industrial pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico (2014). Tem experiência na área Elétrica, Eletrônica e Mecânica, com ênfase em técnicas voltadas ao setor industrial. Graduado em Engenharia de Materiais Pela Universidade Federal do Cariri, possui experiência em técnicas espectroscópicas e de caracterização de materiais. Possui experiência na área de materiais compósitos, fibras naturais e proteção balística.

RAYANA ALMEIDA DE NOVAIS

Técnica em Edificações (2017) e Graduanda em Engenharia Civil pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe/IFS - Campus Aracaju.

RAYLLA FERREIRA DE OLIVEIRA

Acadêmica em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará campus Juazeiro do Norte. Estagiária na área de Resíduos Sólidos e Educação Ambiental pela Prefeitura de Juazeiro do Norte em parceria com a Fundação de Educação e Cultura Soldadinho do Araripe Arajara-CE. Prestação de serviços em consultoria pela Associação time Enactus IFCE Juazeiro do Norte. Contribuinte na elaboração do PGRS da cidade de Araripe-CE. Ministrante de palestras e oficinas na temática de Resíduos Sólidos e Educação Ambiental em escolas do município de Juazeiro do Norte e Crato, CE. Atua na área de pesquisa de Resíduos Sólidos, Educação Ambiental, Gestão Ambiental e Licenciamento.

REBECA MICAELA DA SILVA

Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST). Atuou como tutora das disciplinas de Física para Biólogos e Física 13, através do Programa de Tutoria Discente. Participou do Grupo de pesquisa em Ensino e Automação (GEA).

REYNALDO BORGES GALVÃO SERRA

Graduando de Licenciatura em Química no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB). Atualmente Bolsista do PIBITI/CNPq, bolsista do PIBIC/CNPq (2014-2015), trabalhando com Tecnologias Sustentáveis de Tratamento de Água.

ROBERT DE LIMA MUNIZ

Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Ceará (2018), atua na área de análise estrutural e evolução crustal. Atualmente é estudante de mestrado do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, atua com pesquisa em análise estrutural, geocronologia U-Pb e evolução geológica do setor nordeste do Domínio Ceará Central da Província Borborema Norte.

SARA KAROLINE FERREIRA

Bacharel em Geologia, pela Universidade Federal do Ceará - UFC, com interesse nas áreas de Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Geotécnica. Fundadora e membro da Empresa Júnior de Geologia da UFC - GeoCapta, desde 2015; no ano de 2019, atua como Conselheira Fiscal. Analista Ambiental em escritório particular com foco em Consultoria Ambiental.

SARAH DA SILVA BRITO

Graduanda em Engenharia Civil - UFCA. É atualmente bolsista de Iniciação Científica e Tecnológica - ICT/FUNCAP. Atuando principalmente nos seguintes temas: Monitoramento das variáveis hidroquímicas, índices e indicadores de qualidade das águas superficiais.

SEBASTIAO DE OLIVEIRA E SILVA

Engenheiro Agrônomo (Universidade Federal de Viçosa, 1974), Mestrado em Fitotecnia (Universidade Federal de Viçosa, 1977), Doutorado em Melhoramento Genético de Plantas (Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, 1991). Foi pesquisador da Embrapa por 35 anos, onde trabalhou como melhorista de bananeira, recomendou dez variedades e se aposentou em 2009. Professor Visitante Nacional Sênior-Capes, no Curso de Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Pesquisador Visitante da Fapesb e Bolsista de Produtividade Científica do CNPq (1C). É editor da Revista Magistra, assessor de revistas científicas e de fundações de pesquisa.

SHELLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO

Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável pela Universidade Federal do Cariri (2019); Pós-Graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho pelas Faculdades Integradas de Patos (2015); Graduada em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Regional do Cariri (2003); Coordenadora de Projetos para Captação de Recursos da APAE de Juazeiro do Norte-CE; Docente do Curso de Tecnologia em Segurança no Trabalho na Faculdade de Juazeiro do Norte - FJN; Docente na Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho das Faculdades Integradas de Patos - FIP (Unidade: Crato-CE).

SOLERNE CAMINHA COSTA

Engenheiro Agrônomo, DSc. Engenharia Agrícola pela UFV/MG, Prof. do Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará IFCE. Áreas de atuação em Meteorologia e Climatologia Agrícola, Manejo e sistemas de irrigação e drenagem. Coordenador do grupo de pesquisa/CNPq Manejo Sustentável da Agricultura Irrigada no Semiárido.

THALIA DELMONDES DE SOUZA

Estudante do Curso de Engenharia de Materiais na Universidade Federal do Cariri (UFCA). É bolsista de Iniciação Científica do programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e à Inovação Tecnológica - BPI/FUNCAP, com enfoque na seguinte área: Biogeoquímica e Fluxos de Contaminantes entre Bacias Hidrográficas do Semiárido Cearense.

TIAGO RODRIGUES ROCHA

Acadêmico em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará campus Juazeiro do Norte. Estagiário de Gestão Ambiental e Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Cariri. Membro Representante da Engenharia Ambiental - IFCE no Programa CREA JR. Atua na área de pesquisa de Resíduos Sólidos e Hidrologia.

VINÍCIUS PEREIRA BACURAU

Graduando em Engenharia de materiais - UFCA. É atualmente bolsista de Iniciação Científica - PIBIC/CNPq. Atuando principalmente nos seguintes temas: Monitoramento das variáveis hidroquímicas, índices e indicadores de qualidade das águas superficiais, biogeoquímica de nutrientes e metais-traço.

ZACARIAS CAETANO VIEIRA

Graduação em Engenharia Civil (2009) e Mestre em Engenharia Civil e Ambiental (2011) na área de Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professor Efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe/iFS - Campus Aracaju.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7042-231-6



9 788570 422316