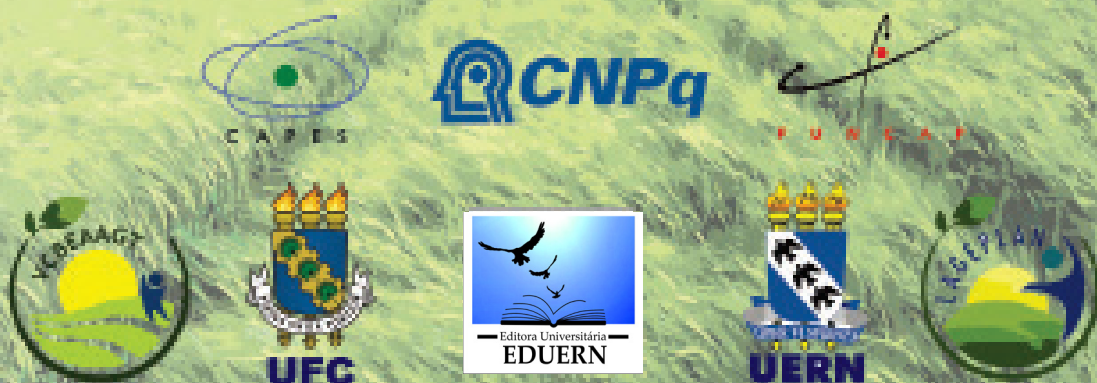


COLETÂNEA III
"EDUCAÇÃO AMBIENTAL APLICADA E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL"

Edson Vicente da Silva
Rodrigo Guimarães de Carvalho
(Coordenadores)

TOMO 4
"GEOBIOSOCIODIVERSIDADE E BIOTECNOLO-
GIAS ALTERNATIVAS"

Andressa Mourão Miranda
Christian Brannstrom
Adryane Gorayeb
Edson Vicente da Silva
(Organizadores)



COLETÂNEA III

“EDUCAÇÃO AMBIENTAL APLICADA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

EDSON VICENTE DA SILVA
RODRIGO GUIMARÃES DE CARVALHO
(COORDENADORES)

TOMO 4

“GEOBIOSOCIODIVERSIDADE E BIOTECNO- LOGIAS ALTERNATIVAS”

ANDRESSA MOURÃO MIRANDA
CHRISTIAN BRANNSTROM
ADRYANE GORAYEB
EDSON VICENTE DA SILVA
(ORGANIZADORES)





Reitor

Prof. Pedro Fernandes Ribeiro Neto

Vice-Reitor

Prof. Aldo Gondim Fernandes

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

Prof. João Maria Soares



Comissão Editorial do Programa Edições UERN:

Prof. João Maria Soares

Profa. Anairam de Medeiros e Silva (Editora Chefe)

Prof. Eduardo José Guerra Seabra

Prof. Humberto Jefferson de Medeiros

Prof. Sérgio Alexandre de Moraes Braga Júnior

Profa. Lúcia Helena Medeiros da Cunha Tavares

Prof. Bergson da Cunha Rodrigues

Assessoria Técnica:

Daniel Abrantes Sales

Campus Universitário Central

BR 110, KM 48, Rua Prof. Antônio Campos,

Costa e Silva – 59610-090 - Mossoró-RN

Fone (84)3315-2181 – E-mail: edicoesuern@uern.br

Coordenação Editorial

Anderson da Silva Marinho

Andressa Mourão Miranda

Tacyele Ferrer Vieira

Projeto Gráfico

David Ribeiro Mourão

Diagramação

Andressa Mourão Miranda

Capa e Ilustração

Ana Larissa Ribeiro de Freitas

Revisão

Edson Vicente da Silva

Rodrigo Guimarães de Carvalho

Catálogo

UERN

**Catálogo da Publicação na Fonte.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

Geobiosociodiversidade e biotecnologias alternativas/
Andressa Mourão Miranda... et al - Mossoró – RN, EDUERN, 2017.

73p.

ISBN: 978-85-7621-180-8

1. Ciências exatas e da terra. 2. Geobiosociodiversidade. 3. Biotecnologias. I. Branston, Christian. II. Gorayeb, Adryane. III. Silva, Edson Vicente da. IV. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. V. Título.

UERN/BC

CDD 550

Bibliotecária: Aline Karoline da Silva Araújo CRB 15 / 783



PREFÁCIO

As universidades, institutos de educação e pesquisa e as escolas públicas devem, cada vez mais, permeabilizar seus muros, como uma rocha calcária, para permitir uma maior porosidade e infiltração social. Abrir nossas portas e janelas, para saída e entrada de pessoas cidadãs, estudiosos e pesquisadores, afinal a população brasileira é quem nos constrói e alimenta.

Nosso retorno socioambiental é construir um tecido junto com os atores sociais, líderes comunitários, jovens entusiastas, crianças curiosas e velhos sábios. A integração entre os conhecimentos científicos e os saberes tradicionais é a base para um desenvolvimento sustentável e democrático.

Encontros como o V Congresso Brasileiro de Educação Ambiental Aplicada e Gestão Territorial têm sido realizados de forma integrada e aberta para a sociedade em geral. Como uma grande e imensa árvore que vai se desenvolvendo a partir de seus eventos, dispondo para todos os seus frutos de diletos e diversos sabores, como essas coletâneas e tomos, cultivados por diferentes pessoas desse nosso imenso terreiro chamado Brasil.

Coube a Universidade Federal do Ceará, através de seu Departamento de Geografia, a realização do evento e a organização final dos artigos que compõem os livros, e às Edições UERN, pertencente à Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, a catalogação e publicação dos 31 livros pertencentes às 07 coletâneas. Essa parceria interinstitucional, que na verdade coaduna muitas outras instituições, demonstra as redes já estabelecidas de cooperação científica e ideológica que, em um cenário político-econômico de grande dificuldade para as instituições de ensino e para a ciência brasileira, se auto-organizam para o enfrentamento dos desafios de maneira generosa e solidária.

RODRIGO GUIMARÃES DE CARVALHO (UERN)

JOSÉ MANUEL MATEO RODRIGUEZ (UNIVERSIDAD DE LA HABANA)

SUMÁRIO

"GEOBIOSOCIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIAS ALTERNATIVAS" TOMO 4

CONTRIBUIÇÕES INICIAIS SOBRE A IMPORTÂNCIA DA GEOBIOSOCIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIAS ALTERNATIVAS.	7
BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO EM SOLO RIZOSFÉRICO DA CAATINGA.	12
BIOPOLÍMEROS: UMA ALTERNATIVA PARA PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.	20
INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE VINHAÇA E CINZA DE CALDEIRA TRATADOS POR PROCESSOS N-VIRO SOBRE A POPULAÇÃO MICROBIANA NO SOLO DE MARINGÁ - PR.	32
PROTÓTIPO DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA DE BAIXO CUSTO PARA MINIMIZAR CONSUMO DE RECURSOS HÍDRICOS.	42
SUSTENTABILIDADE NA REGIÃO DO BAIXO JAGUARIBE: CARACTERIZAÇÃO TIPOLOGICA DOS MINERAIS CLASSE DOIS.	52
TEOR DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL E MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLO DA CAATINGA SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE USO.	66

CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE A IMPORTÂNCIA DA GEOBIOSOCIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIAS ALTERNATIVAS

Andressa Mourão Miranda

Adryane Gorayeb

Christian Brannstrom

Edson Vicente da Silva

1. Introdução

Em meio a dinâmica ecológica planetária, diversos componentes bióticos e abióticos interagem entre si para manter o equilíbrio e realizar a manutenção da vida como conhecemos atualmente. No entanto, à medida que as sociedades humanas desenvolvem-se, esta harmonia é abalada pelo modo de vida caótico ao qual estamos submetidos, associado às práticas de intensa extração de recursos, produtivismo e acúmulo de bens. Observa-se então um enfraquecimento, não só no âmbito físico, das consequências das ações, mas também no campo das subjetividades, onde a relação entre sociedade e natureza torna-se cada vez mais desequilibrada.

O meio ambiente responde às perturbações em sua dinâmica natural, pensando nisto, um grupo de cientistas, liderados pelo cientista ambiental Rockström, publicam em 2009 na revista *Nature*, uma proposta buscando a instituição de fronteiras planetárias para explicar a crise ecológica atual. A ideia central é baseada em nove limites ambientais, cuja transgressão de uma ou mais, trazem consequências globais alarmantes. Em 2015, o estudo revela que quatro das nove fronteiras foram além de sua barreira, são elas (i) mudanças climáticas, (ii) alteração dos ciclos biogeoquímicos, (iii) mudança no sistema terrestre e (iv) perda da integridade de biosfera.

Sob este aspecto, o enfrentamento das problemáticas ambientais pode ser considerado o carro-chefe nos debates atuais envolvendo as principais esferas públicas política, econômica, social e ambiental. A ECO-92 – Convenção das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), atuou como marco global histórico no que tange as políticas e diretrizes para o desenvolvimento sustentável das nações, diante das problemáticas ambientais. Durante a convenção, um tratado assinado de imensa relevância foi a Convenção da Diversidade Biológica (CDB), posto isto, é possível que os mais leigos talvez se perguntem “Por que a diversidade biológica tem espaço diferenciado em meio ao que está sendo discutido?”, a resposta para esta questão aborda aspectos conceituais e históricos que levam a construção do conceito como é utilizado atualmente. A quantidade imensurável de vida presente na biosfera terrestre sempre foi, para os ecólogos e ativistas ambientais, tema de grande interesse, mas a diversidade biológica apenas tornou-se motivo de enfoque e preocupação maior no fim do século passado, quando estudos apontavam para uma extinção em massa de espécies por fatores antrópicos (MYERS, 1979). A partir da década de 1980, houve uma crescente atenção para projetos, em sua maioria já existentes, que visavam a conservação da diversidade natural e biológica (FRANCO, 2013).

A diversidade biológica é considerada por inúmeros estudiosos da área a força motriz da manutenção da vida, o biólogo Mayr (1998, p. 161) escreveu em seu livro “Com certeza, dificilmen-

te existe um processo biológico, ou um fenômeno, em que a diversidade não esteja implicada" evidenciando a importância deste fenômeno natural. Contudo, se para a diversidade biológica o tema central está na classificação das espécies e na compreensão de sua biologia evolutiva, a biodiversidade posiciona-se como uma ciência além, cujo enfoque é direcionado para o entendimento da função e da manutenção da diversidade de espécies, guiando-se para a conservação daqueles indivíduos e dos ecossistemas aos quais estão presentes. Assim, para Soulé (1992) a biodiversidade é "A vida em todas suas dimensões, riqueza e manifestações, não apenas no nível de indivíduos e espécies, mas também no nível de agregações, comunidades, etc."

Sob esta ótica, falar em conservação exige evidenciar sobre que pilares esta ciência está alicerçada. Para os pesquisadores da área, a conservação busca manter biodiversidade natural dos ambientes, a integridade e saúde ecológica (TROMBULAK, 2004). Entretanto, é indispensável lembrar que os planos de manejo que viabilizarão as boas práticas de conservação não se restringem apenas a parte viva do ecossistema, esta não ocorre isolada do meio abiótico que a acompanha e é fundamentalmente amparada pelos geocomponentes que fornecem o substrato no qual se desenvolve a vida no planeta Terra. Esta concepção foi primeiramente levantada por Stanley (2000), no começo do século, que embora cite o importante papel da biodiversidade, enfatiza a geodiversidade como "(...) palco, no qual todas as outras formas de vida são os autores (...)" (MANTESSO-NETO, 2009).

A geodiversidade, ainda que termo recente para o meio científico, é elementar durante os trabalhos de manutenção do patrimônio natural e do mosaico de paisagens que compõem o meio ambiente, ainda que no Brasil receba maior enfoque nos trabalhos de planejamento territorial, que influenciam na conceituação da palavra. Para o geólogo brasileiro Silva (2008, p.12, apud XAVIER DA SILVA & CARVALHO FILHO, 2001) a geodiversidade é determinada a partir do olhar do pesquisador, que por uma série de variáveis e parâmetros avaliados identifica os componentes geológicos naturais da paisagem. Outros autores fazem a construção do conceito a partir da união dos aspectos não só geológicos, mas também hidrológicos, biológicos e atmosférico. (EBERHARD, 1997; GRAY, 2004). Em conclusão, a Companhia de Pesquisa de Recursos Mineiras (CPRM) define geodiversidade como "O estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico."

Desta forma, a geobiodiversidade se torna aliada de outras ciências na promoção de ideias e ações sustentáveis que tornem a relação sociedade e natureza mais saudável e harmoniosa. É nesta perspectiva que se inserem as pesquisas e avanços da biotecnologia, campo da ciência revolucionária que caminha para consolidação, gerada nas bases das áreas das Ciências Biológicas, possui como um dos objetivos produzir produtos e tecnologias a partir de componentes bióticos que facilitem ou melhorem inúmeros aspectos relacionados a vida, sejam eles ambientais, sanitários, alimentício; Sua abordagem moderna une conceitos e práticas da engenharia à biologia molecular no estudos de plantas e animais, afim de compreender elementos chave para a vida na terra e auxiliar na construção destes produtos.

Assim, compreendemos que os estudos relacionados a geobiodiversidade e novas tecnologias alternativas produzidas a partir do empenho de cientistas do campo da biotecnologia são fortes instrumentos para o confronto das problemáticas ambientais atuais as quais demandarão enormes esforços dos mais diferentes campos da ciência para sua resolução.

Durante o V Congresso Brasileiro de Educação Ambiental Aplicada e Gestão Territorial foram apresentados seis trabalhos científicos relacionados à Geobiodiversidade e Biotecnologias Alter-

nativas. Esses trabalhos foram realizados em diferentes ambientes e contextos do país frente às demandas globais pertinentes ao tema e reforçam as necessidades de incentivo à estas pesquisas.

Cada um dos capítulos do livro será discutido de maneira sintética e objetiva, de forma a se condensar o conteúdo de cada uma das pesquisas apresentadas no evento. De forma completa, os artigos estarão inseridos como constituição desse tomo da coletânea denominada de Educação Ambiental Aplicada e Desenvolvimento Sustentável, que é constituída por cinco tomos.

2. A geobiodiversidade como ferramenta para conservação e as atuação das biotecnologias alternativas na resolução de problemas ambientais

A reunião dos trabalhos aqui apresentados tratam da temática da geobiodiversidade e das biotecnologias alternativas oferecendo direcionamento sobre como estas ciências podem contribuir para se construir um futuro alicerçado nas premissas da sustentabilidade e ambientalmente justo. Em seu relato, a síntese servirá como revisão de algumas pesquisas que estão sendo trabalhadas em contexto nacional, expondo estudos de casos e desenvolvimentos teórico-práticos que promovem o desenvolvimento destas ciências.

O trabalho intitulado *"Bactérias solubilizadoras de fosfato em solo rizosférico da caatinga"* foi realizado por um grupo de pesquisadores da Universidade Federal do Ceará. Diante das condições severas impostas pelo clima semi-árido, pesquisas que buscam desenvolver estratégias para o melhoramento vegetal no enfrentamento das dificuldades para o cultivo no bioma Caatinga devem receber atenção especial. Neste estudo, busca-se compreender a relação entre as bactérias solubilizadoras contida nas raízes de cactáceas do gênero *Cereus*, para o desenvolvimento o seu desenvolvimento. Conclui-se que a relação simbiótica encontrada entre os organismos disponibiliza nutrientes e atua diretamente no crescimento vegetal, requerendo que outros estudos avancem na temática para usufruir do seu potencial biotecnológico.

Em *"Biopolímeros: uma alternativa para promoção do desenvolvimento sustentável"*, é feita uma revisão das publicações realizadas entre 1998-2006 para a temática dos biopolímeros como alternativas sustentáveis na indústria de bens de consumo biodegradáveis, em resposta à crise ecológica gerada a partir da utilização desenfreada de polímeros derivados de fonte fósseis. Conclui-se que o mercado dos biopolímeros é sócio e ambientalmente viável para práticas que buscam a sustentabilidade, principalmente para novas tecnologias.

Partindo de uma abordagem diferenciada no tratamento de resíduos sólidos, pesquisadores do estado do Paraná trabalharam a *"Influência da aplicação de vinhaça e cinza de caldeira tratados por processos n-viro sobre a população microbiana no solo de Maringá – PR"* e puderam estudar, a partir da microbiota local, alternativas sustentáveis de gerenciamento dos resíduos orgânicos provenientes das culturas de cana-de-açúcar do estado. Conclui-se que a fertilização do solo através da comparação de dois componentes pelo processo de n-viro determinou a vinhaça in natura potencialmente mais produtiva, exigindo mais estudos acerca destes tipos de tratamento para fertilidade no solo. Por fim, diante dos debates sobre o desequilíbrio dos ciclos biogeoquímicos no planeta, é indispensável que pesquisas deste cunho sejam pensadas para redução dos impactos ambientais na agricultura.

A água é o elemento vital à vida, no entanto, a crise hídrica global parou de ser apenas uma má previsão do futuro e tornou-se real. O desperdício, a poluição e as mudanças climáticas acumulam juntas a maior parte dos impactos gerados a partir da ação humana, que negligencia a finitude dos recursos naturais. Nesta perspectiva, estudantes do Instituto Federal do Mato Grosso (IFMT) em trabalho intitulado *"Protótipo de irrigação automatizada de baixo custo para minimizar consumo de Recursos Hídricos"* elaboraram um protótipo computacional que regula o fluxo de

água e objetiva a redução do desperdício de água nos cultivos do estado. Conclui-se que além de seu objetivo principal, o mecanismo também aumenta a produtividade e qualidade dos alimentos cultivados, agregando enorme valor à tecnologia, reafirmando a necessidade de que mais iniciativas como estas sejam incentivadas.

A Região do Baixo Jaguaribe é rica em seus componentes geológicos e estruturais e assim, desde o começo das primeiras civilizações serve às comunidades humanas em suas atividades produtivas; A argila que ali também é encontrada possui seu histórico no artesanato de cerâmicas e hoje é largamente utilizado na produção industrial. Durante a pesquisa *"Sustentabilidade na Região do Baixo Jaguaribe: Caracterização Tipológica dos Minerais Classe Dois"* foi possível caracterizar parâmetros de qualidade acerca da argila encontrada na região e utilizada para as atividades de comércio, justificadas pela escassez de informações acerca da geodiversidade local. Foram encontrados diversas classes minerais no local, concluindo que a aplicação desta prática metodológica contribui de fato para o aumento da produtividade e qualidade do material a ser produzido a partir da argila local.

O correto manejo do solo é importante e influencia em toda a variedade biótica e abiótica localmente presentes. Na caatinga, suas características peculiares intrigam pesquisadores para compreender como estes fatores são alterados a partir das interferências que pode vir a sofrer, em *"Teor de carbono orgânico total e Matéria orgânica em solo da caatinga sob diferentes condições de uso"* pesquisadores da Universidade Federal do Ceará utilizam a espécie de gramínea tropical (*Cenchrus ciliaries*) para o cultivo e controle dos resultados. Conclui-se que não há diferença significativa de valor para os dois tratamentos comparados, demonstrando que fatores como os parâmetros de análise escolhidos e características do solo podem ser decisivos na visualização de outras respostas.

3. Considerações Finais

Parafraseando uma grande obra do compositor Jatobá (BA) intitulada *"Matança"*, o verso "quem hoje é vivo corre perigo e os inimigos do verde, da sombra" traduz algumas das angústias em meio aos tensores antrópicos que causam a destruição do meio natural. O caminho para o alcance do Desenvolvimento Sustentável exige o real comprometimento da sociedade na proteção dos recursos e compreensão da estruturação sistêmica e integrada de todos os componentes do planeta Terra que promovem a manutenção do equilíbrio ecológico global. A ciência constrói uma pluralidade de metodologias que devem atuar de maneira transdisciplinar e holística no enfrentamento das questões ambientais contemporâneas. Conservar a vida e os elementos naturais, providenciar a mitigação dos impactos ambientais são os principais desafios para o século XXI.

A biologia da conservação e a geoconservação atuam na proteção de áreas verdes utilizando instrumentos das mais variadas ciências, como por exemplo o planejamento ambiental e gestão ambiental integrada que a partir de uma recente abordagem sistêmica confluem para o controle dos conflitos gerados pela crise ecológica, respeitando a complexidade dos sistemas ambientais (Rodriguez & Silva, 2016).

Sob outra perspectiva, o emprego de estratégias de sensibilização a partir de instrumentos como a Educação Ambiental, que ressalta a importância manutenção dos recursos naturais, guiando a sociedade para trilhar um caminho mais consciente e auto avaliativo acerca das próprias atitudes, compreendendo sua função e obrigação em zelar pelos bens naturais são comuns a todos.

A tecnologia insere-se como outro viés importante nas questões ambientais. Embora seja palco de longas e filosóficas discussões em relação a totalidade de problemas conferidos à ela, é inegável seu papel fundamental no desenvolvimento de novas ferramentas práticas e na constru-

ção de um novo posicionamento frente aos desafios impostos. Em seu livro “O pálido ponto azul”, Carl Sagan diz “Muito dos perigos que enfrentamos nascem, sem dúvida, da ciência e tecnologia; mais basicamente, do fato de termos nos tornado poderosos sem nos tornarmos sábios, na mesma proporção. O poder de alterar mundos, que a tecnologia colocou em nossas mãos, requer um grau de consideração e previsão nunca antes exigido.”. Afirmar-se portanto que para compreender e reverter os efeitos da crise ambiental, o processo intelectual de construção de conhecimento deve abranger inúmeras áreas do saber, criando uma concepção e percepção da completude e complexidade dos fenômenos ambientais e por quais caminhos devemos seguir para mantermos o ambiente ecologicamente equilibrado o qual nos é garantido por direito.

Referências Bibliográficas

CPRM. **Mapa geodiversidade do Brasil**. Escala 1:2.500.000. Legenda expandida. Brasília: CPRM/ Serviço Geológico do Brasil, 2006. 68 p. CD-ROM.

EBERHARD, R. (Ed.). **Pattern and process: towards a regional approach to national estate assessment of geodiversity**. Technical Series, n. 2. Australian Heritage Commission; Environment Forest Taskforce, Environment Australia, Canberra, 1997.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. New York: John Wiley & Sons, 2004. 434 p.

MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, geoconservação, geoturismo, patrimônio geológico, geoparque: novos conceitos nas geociências do século XXI**. Disponível em: http://www.sugeologia.org/documentos/ACTA%20VI%20CONGRESO%20URUGUAYO/trabajos/123_Mantesso-Neto_Virginio.pdf Acesso em: 30/08/2016.

MAYR, Ernst. **O Desenvolvimento do Pensamento Biológico**. Brasília: UnB, 1998.

MEINE, Curt; SOULÉ, Michael; NOSS, Reed F. A mission-driven discipline: the growth of conservation biology. **Conservation Biology**, v. 20, 2006, p. 631–651.

MYERS, Norman. **The Sinking Ark: A New Look at the Problem of Disappearing Species**. Oxford, United Kingdom: Pergamon Press, 1979.

RODRIGUEZ, J.M.M. ; SILVA, E.V. **Planejamento e Gestão Ambiental: Subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2016

STANLEY, M. Welcome to the 21st century. **Geodiversity Update**, 1, p. 1-8, 2001.

SILVA, R. C. **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.

TROMBULAK, S. C., K. S.; OMLAND, J. A.; ROBINSON, J. J.; LUSK, T. L.; FLEISCHNER, G.; BROWN, M. Domroese. Principles of Conservation Biology: Recommended Guidelines for Conservation Literacy from the Education Committee of the Society for Conservation Biology. **Conservation Biology** 18:1180-90, 2004.

XAVIER DA SILVA, J.; CARVALHO FILHO, L. M. Índice de geodiversidade da restinga da Marambaia (RJ): um exemplo do geoprocessamento aplicado à geografia física. **Revista de Geografia**, Recife: DCG/UFPE, n. 1, p. 57-64, 2001.

BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO EM SOLO RIZOSFÉRICO DA CAATINGA

Rubson Mateus Matos Carvalho
Marcelo Rebouças da Silva
Fátima Cristiane Teles de Carvalho
Rosa Helena Rebouças
Oscarina Viana de Sousa

Resumo

A relação ecológica existente entre plantas e micro-organismos é bastante conhecida, no entanto, o potencial biotecnológico dos micro-organismos habitantes do solo de regiões semiáridas ainda é sub-explorado. Dessa forma, objetivo desta pesquisa foi quantificar e isolar bactérias solubilizadoras de fosfatos (CaHPO_4), contidas nas raízes de uma cactácea do gênero *Cereus*, coletadas no bioma da Caatinga (município de Irauçuba, estado do Ceará). Para isso, foram quantificadas bactérias heterotróficas cultiváveis (BHC) e bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF) através do método de contagem padrão em placas (CPP), utilizando ágar padrão de contagem (PCA) e ágar GL, respectivamente. Foram realizados testes de coloração de Gram, catalase, O/F para glicose e agregação para caracterização fenotípica das cepas isoladas. As contagens de BHC e BSF apresentaram valores de $4,62 \times 10^7$ UFC/g e $3,475 \times 10^7$ UFC/g, respectivamente. Um percentual de 75% da população de BSF compôs a microbiota total encontrada nas raízes das amostras de *Cereus*. Foi possível observar que 73% dos isolados apresentaram morfologia de bastonetes Gram-negativos, 18% de bastonetes Gram-positivos e 9% de cocos Gram-positivos. A maioria dos isolados (91%) apresentou metabolismo oxidativo e fermentativo (O/F) para glicose e presença da enzima catalase, enquanto a capacidade de agregação em vidro foi observada em todas as cepas testadas. Portanto, novas pesquisas devem ser incentivadas, a fim de ampliar os conhecimentos sobre o potencial biotecnológico de bactérias do solo da caatinga e que forneçam subsídios ao desenvolvimento de estratégias para o melhoramento da eficiência da fertilização e desenvolvimento vegetal.

Palavras-chave: Bioprospecção, Biotecnologia, Semiárido, Microbioma, Cactácea.

Abstract

The ecological relationship between plants and microorganisms is well known, however the biotechnological potential of microorganisms from semiarid soils is still underexploited. Thus, the aim of this study was to quantify and identify phosphate-solubilizing bacteria (CaHPO_4), contained onto cactus roots of genus *Cereus*, collected from Caatinga biome (city of Irauçuba, state of Ceará). To achieve this goal, it was quantified Cultivable Heterotrophic Bacteria (CHB) and Phosphate-solubilizing Bacteria (PSB) by standard plate count method (SPC), utilizing plate count agar (PCA) and GL agar, respectively. Also, it was performed Gram staining testing, catalase, O/F to glucose and aggregation to phenotypic characterization of isolated strains. The CHB and PSB presented values of $4,62 \times 10^7$ CFU/g and $3,475 \times 10^7$ CFU/g, respectively. A percentage of 75% of the PSB population comprises the full microbiota found on the root samples of *Cereus*. It was observed that 73% of strains had morphology of Gram-negative rods, 18% of Gram-positive rods and 9% of gram-positive cocci. The most strains (91%) showed oxidative/fermentation metabolism to glucose (O/F) and presence of catalase enzyme, while glass aggregation ability was observed in all tested strains. Therefore, new researches should be encouraged in order to increase knowledge of biotechnological potential of bacteria from caatinga's soil and provide subsidies to develop strategies for the improvement of fertilization efficiency and plant development.

Keywords: Bioprospecting, Biotechnology, Semiarid, Microbiome, Cactus.

1. Introdução

Os microrganismos compõem a base dos processos biológicos do solo, onde ocorre o crescimento microbiano e as transformações orgânicas e inorgânicas por eles mediados (SILVA *et al.*, 2011). O fósforo é o segundo elemento mais importante para as plantas, sendo nutriente essencial para o cumprimento de diversos processos metabólicos (KHAN *et al.*, 2010).

No entanto, o solo brasileiro possui uma deficiência de fósforo solúvel que é devida a sua baixa mobilidade e fácil compatibilidade com outros minerais tais como ferro e alumínio tornando-se indisponível para as plantas (HOLANDA *et al.*, 1995).

Existem microrganismos que disponibilizam o fosfato até então insolúvel às plantas e em troca as plantas, por meio de suas raízes disponibilizam ricas fontes de carbono, em especial açúcares e ácidos orgânicos, fundamentais para o crescimento bacteriano (KHAN *et al.*, 2010). Essa interação microrganismo-planta acontece em um microbioma denominado rizosfera.

O aproveitamento do fosfato pelas plantas pode ser maximizado pela atuação dos microrganismos solubilizadores de fosfato (MSF) contribuindo para o crescimento vegetal. O uso comercial de fertilizantes enriquecidos com MSF tem papel auxiliar no melhor aproveitamento do fosfato presente no solo (SILVA FILHO & VIDOR, 2001; OTEINO *et al.*, 2015).

A região semiárida brasileira é caracterizada pelas altas temperaturas, forte incidência de luz solar, sazonalidade de chuvas e solos salinos, o que corrobora com o importante potencial biotecnológico dessas bactérias como inoculante do solo auxiliando na disponibilização de fosfato para plantas (DUAN & FENG, 2010; SOARES JR., 2012).

Ocupando 11% do território nacional e 70% da região semiárida, a Caatinga é composta por uma vegetação caracterizada pelo pequeno porte, arbustiva e ervas, caducifólia, xerofolia, sendo constantemente subestimada quanto a sua riqueza e diversidade vegetal. São características dessa região, os altos níveis de insolação e temperatura, além de escassos recursos hídricos e chuvas irregulares, não sendo raros, períodos longos de estiagem (GORLACH-LIRA & COUTINHO, 2007; GONÇALVES, 2011).

Calcula-se que a vegetação nativa da Caatinga cobre cerca de 40% da área original no semiárido nordestino resultado da pressão antrópica na área. No restante da área, essa vegetação foi retirada principalmente para uso na prática agrícola, pecuária extensiva e extração de lenha para fins energéticos (GARIGLIO *et al.*, 2010).

Sendo um ambiente de condições extremas os organismos apresentam adaptações próprias que devem ser estudadas e entendidas. Assim, o objetivo principal desse trabalho foi conhecer quantitativa e qualitativamente bactérias com capacidade de solubilizar fosfato e que mantêm inter-relação ecológica positiva com cactáceas do gênero *Cereus* sp.

2. Material e Métodos

Caracterização da área

A área em estudo localiza-se no município de Irauçuba, Ceará (93° 42' 16.100"O; 4° 6' 29.853"S) (Figura 1) em região de clima tropical quente semiárido, com pluviosidade média anual de 539,5 mm; as temperaturas médias anuais situam-se entre 26° a 28°C. A cobertura vegetal é do tipo caatinga arbustiva aberta, compostos por solos do tipo Bruno não Cálcico, Solos Litólicos, Planossolo Solódico e Podzólico Vermelho-Amarelo (IPECE, 2014). O ressecamento no período seco e o ligeiro excesso de umidade no curto período chuvoso impõem condições físicas desfavoráveis à penetração de raízes, além do caráter pedregoso e a susceptibilidade à erosão, representam as limitações

mais acentuadas para a utilização destes solos para atividades agropecuárias (LUSTOSA, 2004).

O município encontra-se em elevado processo de desertificação, onde segundo Barbosa et al. (2005), a desertificação é acelerada pela ação do homem, através da utilização de práticas inadequadas, trazendo consequências danosas para a terra e para quem dela tira o sustento.

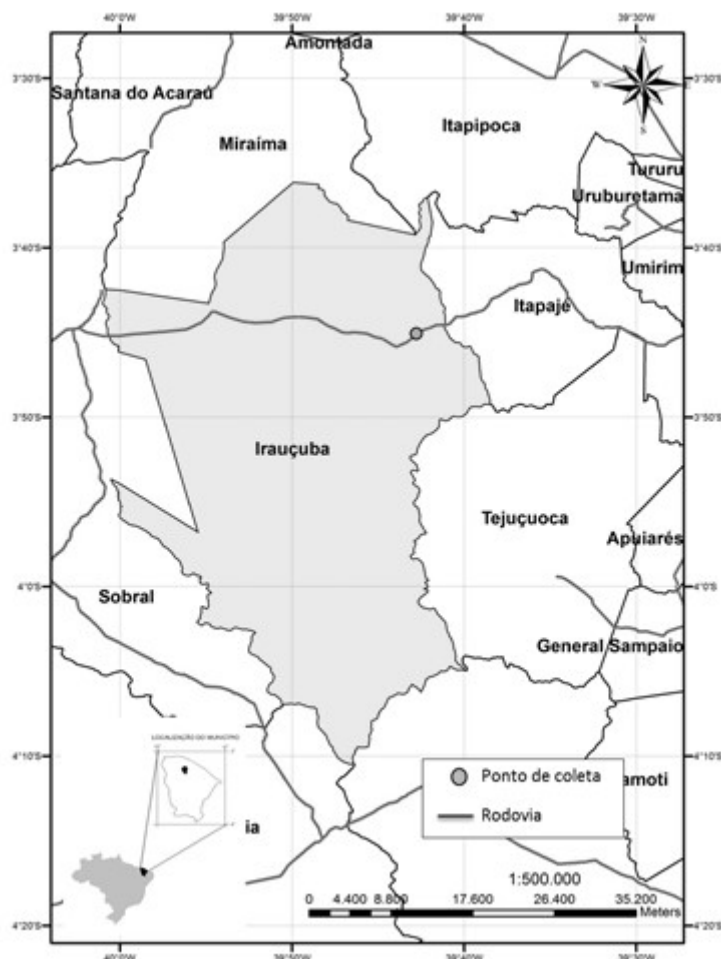


Figura 1 – Mapa da área do estudo. Fonte: os autores.

Coleta e processamento das amostras

Amostras de raízes do cacto *Cereus* sp. foram coletadas em ambiente natural no mês de abril, no município de Irauçuba, Ceará. Ressalta-se que a área escolhida para realização da coleta encontrava-se em estágio de recuperação devido à atividade de pastoreio e desmatamento. As amostras foram armazenadas a temperatura ambiente e transportadas até o Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado – Lamap/UFC, onde foram processadas. As etapas do processamento são descritas abaixo.

Quantificação e Isolamento das Bactérias Heterotróficas Cultiváveis (BHC)

A quantificação das BHCs foi feita pelo método de Contagem Padrão em Placas (CPP) onde dez gramas (10g) das raízes da cactácea foram homogeneizados, sob agitação, com 90 mL de solução salina a 0,85%, a partir dessa etapa foram feitas diluições seriadas até a diluição 10⁻⁵. Aliquotas das diluições foram inoculadas em placas de Petri, em duplicata, e cobertas com o meio

de cultura Agar nutriente (técnica de **Pour Plate**), incubadas em estufa a 35°C por 48h (DOWNS & ITO, 2001). Após período de incubação, as placas com número de colônias entre 25 e 250 foram contadas e os resultados expressos em unidades formadoras de colônias por grama de rizosfera. Colônias foram selecionadas sobre o meio de cultura, pescadas e inoculadas em novo meio (Agar TSA) para isolamento e purificação.

Quantificação e Isolamento das Bactérias Solubilizadoras de Fosfato (BSF)

A quantificação das BSF foi feita a partir de inóculos das diluições seriadas (descrito no item anterior) em meio de cultura seletivo GL (glicose, 10g; extrato de levedura, 0,5g e agar, 15g L⁻¹) (SYLVESTER-BRADLEY *et al.*, 1982) com adição de K₂HPO₄ (10%) e de CaCl₂ (10%). A técnica de inoculação das amostras diluídas foi Spread Plate. As amostras foram incubadas a 35 °C por 72 horas. Foram contadas as colônias crescidas formando halos transparentes ao redor, indicando a solubilização do fosfato disponível. Foram isoladas colônias para posterior caracterização.

Provas para caracterização fenotípica

As estirpes isoladas e purificadas foram caracterizadas fenotipicamente através de teste morfotintorial (coloração de Gram), provas bioquímicas [catalase, metabolismo oxidativo/fermentativo (OF)] e capacidade (teste de agregação) (SOARES *et al.*, 1991; CHISTENSEN *et al.*, 1985).

3. Resultados e Discussões

A densidade populacional das BHC associadas à raiz da cactácea do gênero *Cereus* sp. foi de 4,62x10⁷UFC/g e a densidade populacional de BSF foi de 3,475x10⁷UFC/g. A relação BHC/BSF observada foi próxima a 75% (Tabela 1). Significa que inseridas no universo da população bacteriana mesófila encontra-se uma importante parcela de microrganismos com capacidade específica de solubilizar fosfato.

Tabela 1– Densidade de bactérias solubilizadoras de fosfatos e BHC isoladas de solo rizosférico de cactácea da caatinga.

Meios de Cultura	Nº x 10 ⁷ UFC/g-1	Porcentagem
Bactérias Solubilizadoras de Fosfato	3,47	75,1%
Bactérias Heterotróficas Cultiváveis	4,62	24,9%

A densidade de bactérias solubilizadoras de fosfato encontradas na raiz de uma cactácea do gênero *Cereus* sp. mostrou-se superior a densidades encontradas em sedimento de água doce, como descrito no estudo de Maitra *et al.* (2015). Sendo superior também no que foi apresentado em estudos com a gramínea *Brachiaria ruziziensis* e a leguminosa *Cajanus cajan* (L.) Millsp. antes e após calagem do solo, segundo Barroti & Nahas (2000). No estado do Ceará, Lima *et al.* (2014) verificando a presença de BSF em solo da caatinga em área conservada e em vegetação de carrasco, registraram densidades de 2,5x10³UFC/g-1 e 1,0x10⁵UFC/g-1, respectivamente.

O fosfato no solo da caatinga encontra-se na sua forma inorgânica, ou seja, não acessível as plantas. A importância da presença das bactérias solubilizadoras de fosfato no solo está diretamente relacionada com a disponibilização do nutriente na sua forma orgânica que é assimilável por vegetais.

Nas colônias crescidas em meio GL destacam-se aquelas com características distintas, com presença de halo indicando a solubilização do precipitado de CaHPO_4 contido no meio (Figura 2) (SOUCHIE & ABBOUD, 2007).

Estirpe	Morfologia/Gram	Via metabólica		Enzima Catalase	Agregação
		Oxidativa	Fermentativa		
C-BHC 1	Bastonete/Gram-negativo	+	+	+	Forte
C-BHC 2	Bastonete/Gram-negativo	+	+	+	Forte
C-BHC 3	Bastonete/Gram-negativo	+	+	+	Fraca
C-BHC 4	Bastonete/Gram-negativo	+	+	+	Forte
C-BHC 5	Bastonete/Gram-negativo	+	+	+	Forte
C-BHC 6	Bastonete/Gram-negativo	+	+	+	Forte
F-BSF 1	Bastonete/Gram-positivo	+	+	+	Forte
F-BSF 2	Bastonete/Gram-positivo	-	-	+	Forte
F-BSF 3	Cocos/Gram-positivo	+	+	+	Forte
F-BSF 4	Bastonete/Gram-negativo	+	+	+	Forte
F-BSF 5	Bastonete/Gram-negativo	+	+	+	Forte

BHC: bactéria heterotrófica cultivável; BSF: bactéria solubilizadora de fosfato; +: resultado positivo; -: resultado negativo.

A coloração de Gram é amplamente utilizada para verificar a morfologia e a pureza dos isolados. As bactérias heterotróficas cultiváveis apresentaram morfologia de bastonete curto Gram-negativa. As bactérias isoladas do meio específico para solubilizadoras de fosfato apresentaram morfologia de bastonetes e cocos Gram-negativos e bastonetes Gram-positivos com formação de esporos. A formação de esporos permite a esses organismos resistir a solos secos por longos períodos (CHEN & ALEXANDER, 1973).

Os isolados foram testados quanto à sua capacidade de adaptação à presença de oxigênio no ambiente, sendo que todas responderam positivamente para a quebra do peróxido de hidrogênio em água e oxigênio.

Outra característica testada para os isolados do solo rizosférico da raiz da cactácea foi à capacidade de aderência à superfície por meio do teste de agregação em vidro. Os resultados foram classificados em forte, médio e fraco. Apenas uma cepa apresentou resultado fraco no teste.

A capacidade de formar exopolissacarídeos também está ligada a capacidade adaptativa dessas células a sobreviverem em ambiente de baixa umidade e resistir a essas condições. Além disso, essas bactérias auxiliam na sobrevivência da planta, reduzindo o estresse hídrico (NOCKER *et al.*, 2012; ROPER *et al.*, 2007).

É característico da região semiárida brasileira, longos períodos de estiagem, alta insolação e temperaturas, solos e águas salobras. Essas condições naturais extremas favorecem o desen-

volvimento de organismos com adaptações específicas para sobreviver. Desta forma, o potencial biotecnológico das BSF deve ser explorado quanto a sua capacidade inoculante. Devido a escassez de informações mais precisas sobre essa população bacteriana, são necessários estudos mais aprofundados com relação à identificação das espécies, sua forma de ação (isolada ou em consórcio) e aplicabilidade ambiental e comercial.

O estudo sobre o potencial biotecnológico das BSF é de grande importância por conta da utilização acentuada de fertilizantes fosfatados em nosso país. Essas bactérias podem nos possibilitar uma alternativa ao aproveitamento das substâncias inorgânicas, por meio de uma disponibilização natural do nutriente ao ambiente.

O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes no mundo, o que dá uma idéia da dependência da agricultura nacional por esses compostos, chegando ao ponto da produção nacional não suprir a demanda, e a expectativa é de aumento do consumo para os próximos anos, o que corrobora a necessidade em desenvolver inóculos bacterianos capazes de disponibilizar nutrientes contidos no próprio solo (ANDA, 2016).

4. Conclusões

Foi possível quantificar e isolar bactérias associadas à raiz do cacto *Cereus* sp. A relação entre as comunidades de bactérias BHC e BSF foi superior a 75% revelando sua larga disposição e densidade no solo.

A maioria das estirpes isoladas (62%) apresentam característica de parede celular Gram negativas. A via metabólica demonstra característica de oxidação e fermentação para a maioria dos isolados. A presença da enzima catalase e a habilidade de agregação em vidro foram observadas, demonstrando a capacidade de resistência à condições extremas.

A relação simbiótica dos microrganismos com as plantas auxilia na disponibilização de nutrientes para o desenvolvimento vegetal. As BSF disponibilizam fósforo solúvel e as plantas proporcionam um ambiente favorável, rico em nutrientes, liberando aminoácidos, carboidratos, entre outros compostos, além de proporcionar uma maior extensão da área de absorção por meio de suas raízes.

Estirpes bacterianas adaptadas à vida em regiões de clima semiárido devem ser estudadas para avaliação do seu potencial biotecnológico como inoculantes de solo.

5. Agradecimentos

Agradecemos em especial a Professora Dr^a Oscarina de Sousa Viana, a Dr^a Fátima Cristiane de Carvalho, Professora Msc Rosa Rebouças e a toda equipe do Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado – LAMAP do Instituto de Ciências do Mar/UFC.

Referências Bibliográficas

ANDA – **Associação Nacional para a Difusão De Adubos**. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/index.php?mpg=03.00.00&ver=por>>. Acesso em 23 de março de 2016.

BARBOSA, M. P.; FERNANDES, M. F.; SILVA, M. J. da; GUIMARÃES, C. L.; COSTA, I. C. da. **Diagnóstico socioeconômico ambiental da APA Chapada do Araripe**: Ceará, Pernambuco e Piauí. Relatório final. ATECEL, Campina Grande. 127-324 p. 2005.

- BARROTI, G.; NAHAS, E. População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, 2000, p. 2043-2050.
- CHEN, M.; ALEXANDER, M. Survival of soil bacteria during prolonged desiccation. **Soil Biology and Biochemistry**, vol. 5, p. 213-221. 1973.
- CHRISTENSEN, G.D.; SIMPSON, W. A.; YOUNGER, J. J.; BADDOUR, L. M.; BARRETT, F. F.; MELTON D. M.; BEACHEY, E. H. Adherence of coagulase-negative staphylococci to plastic tissue culture plates: a quantitative model for the adherence of staphylococci to medical devices. **Journal of Clinical Microbiology**. v. 22, p.996–1006, 1985.
- DI SIMINE, C.D.; SAYER, J.A.; GADD, G.M. Solubilization of zinc phosphate by a strain of **Pseudomonas fluorescens** isolated from a forest soil. **Biology and Fertility of Soils**, p.87-94, 1998.
- DOWNES. M. P.; ITO. K.; Compendium of methods for the microbiological examination of foods. **American Public Health Association** (APHA). p. 69-89, 2001.
- DUAN, C. J.; FENG, J. X. Mining metagenomes for novel cellulase genes. **Biotechnology Letters**, p. 1765-1775, 2010.
- GARIGLIO, M. A.; 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. 367, 2010.
- GONÇALVES, G. S. **Estratégias de controle de invasão biológica por *Prosorpius juliflora*, na Caatinga e ecossistemas associados**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias. Paraíba, 2011.
- GORLACH-LIRA, K.; COUTINHO, H. D. M. Population dynamics and extracellular enzymes activity of mesophilic and thermophilic bacteria isolated from semi-arid soil of northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, p. 135-141, 18 jan. 2007.
- HOLANDA, J. S. de; BRASIL, E. C.; SALVIANO, A. A. C.; CARVALHO, M. C. S.; RODRIGUES, M. R. L.; MALAVOLTA, E. Eficiência de extratores de fósforo para um solo adubado com fosfatos e cultivo com arroz. **Scientia Agricola** (Piracicaba, Braz.).1995. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161995000300025> Acesso em: 6 abr. 2015.
- IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). **Perfil básico Municipal (Irauçuba)**. IPECE, 2014.
- LIMA, J. V. L.; PINHEIRO, M. S.; FIÚZA, L. M. C. G.; MARTINS, S. C. S.; MARTINS, C. M. Populações microbianas cultiváveis do solo e serrapilheira de uma unidade de conservação no semiárido brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**. p. 2330-2316, 1 jul. 2014.
- LUSTOSA, J. P. G. **Caracterização Morfológica, Micromorfológica e Mineralógica de três Topossequências do Município de Irauçuba-CE e suas Relações com o processo de Desertificação**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro: São Paulo, 2004.
- KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; AHMED, M.; OVES, M.; WANI, P. A. Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi – current perspective. **Archives of Agronomy and Soil Science**, p. 73–98, 2010.
- MAITRA, N.; MANNA, S. K.; SAMANTA, S.; SARKAR, K.; DEBNATH, D.; BANDOPADHYAY, C.; SAHU, S.

- K.; SHARMA, A. P. Ecological significance and phosphorus release potential of phosphate solubilizing bacteria in freshwater ecosystems. **Hydrobiologia**, vol. 745, p. 69 - 83. 2015.
- NOCKER, A.; FERNÁNDEZ, P. S.; MONTIJN, R.; SCHUREN, F. Effect of air drying on bacterial viability: a multiparameter viability assessment. **Journal of Microbiological Methods**, Amsterdam, v. 90, p.86-95, 2012.
- OTEINO, N.; LALLY, R. D.; KIWANUKA, S.; LLOYD, A.; RYAN, D.; GERMAINE, J. D.; DOWLING, D. N. Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic *Pseudomonas* isolates. **Frontiers in Microbiology**, p. 01-09, 2015.
- ROPER, M. C.; GREVE, L. C.; LABAVITCH, J. M.; KIRKPATRICK, B. C. Detection and visualization of an exopolysaccharide produced by *Xylella fastidiosa* in vitro and in planta. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.73, p. 7252-7258, 2007.
- SILVA, A. C. S. da; JUNIOR, A. F. C.; OLIVEIRA, L. A. de. Ocorrência de bactérias solubilizadoras de fosfato nas raízes de plantas de importância econômica em Manaus e Rio Preto da Eva, Amazonas. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. p. 37-42. fev. 2011.
- SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2001001200007>. Acesso em: 4 abr. 2015.
- SOARES, J. B., CASIMIRO, A. R. S., ALBUQUERQUE, L. M. B. **Microbiologia Básica**. 2ª. Edição. UFC. 1991.
- SOARES JR, F. L.; MELO, I. S.; DIAS, A. C. F.; ANDREOTE, F. D. Cellulolytic bacteria from soils in harsh environments. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, p. 2195-2203, 2012.
- SOUCHIE, E. L.; ABOUD, A. C. de S. Solubilização de fosfato por microrganismos rizosféricos de genótipos de Guandu cultivados em diferentes classes de solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, p.11-18, mar. 2007.
- SYLVESTER-BRADLEY, R.; ASAKAWA, N.; LA TORRACA, S.; MAGALHÃES, F. M. M.; OLIVEIRA, L. A.; PERREIRA, R. M. Levantamento quantitativo de microrganismos solubilizadores de fosfato de gramíneas e leguminosas forrageiras na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 12, p. 15-22, 1982.

BIOPOLÍMEROS: UMA ALTERNATIVA PARA PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Silvana Silveira de Farias
Sônia Maria Costa Siqueira
Jéssica Híade Silva Cristino
Jefferson Marçal da Rocha

Resumo

Materiais derivados da indústria petroquímica serviram de base durante anos para a produção de bens de consumo da sociedade, no entanto, a descoberta dos impactos ambientais ocasionados pelo uso desses produtos impulsionaram a busca por alternativas sustentáveis. Dessa forma, os polímeros naturais também conhecidos como biopolímeros os quais são oriundos de recursos naturais se apresentam como uma alternativa para produção de materiais biodegradáveis. Nessa análise objetivou-se mostrar a viabilidade do uso de biopolímeros para promoção do desenvolvimento sustentável. Para tanto foi realizado uma pesquisa bibliográfica na base de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e na plataforma Science Direct abrangendo produções entre 1998-2016 sobre o uso de polímeros naturais. Com essa análise foi possível notar que é crescente o número de publicações envolvendo biopolímeros e que atualmente a utilização dos biopolímeros para o desenvolvimento de nanopartículas tem tido amplas aplicações na indústria, no entanto, em termos econômicos são necessários maiores investimentos em pesquisa para que de fato essa produção seja rentável a curto prazo. Portanto, o uso de polímeros advindos de fontes naturais é viável a nível social e ambiental, pois contribui para gerar renda local e proteger o meio ambiente para as futuras gerações tendo como base um desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Polímeros naturais, Indústria, Sustentabilidade.

Abstract

Materials derived from petrochemical industry served as the basis for years for the production of consumer goods of society, however, the discovery of the environmental impacts caused by the use of these products drove the search for sustainable alternatives. In this way, the natural polymers, also known as biopolymers which are from natural resources present themselves as an alternative to the production of biodegradable materials. This analysis aimed to show the viability of using biopolymers for promoting sustainable development. For both was realized a bibliographic research on the basis data of Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and platform Science Direct covering productions between 1998-2016 on the use of natural polymers. With this analysis it was possible to note that is increasing the number of publications involving biopolymers and that currently the use of biopolymers for development of nanoparticles has had wide applications in industry, however, in economic terms are required greater investments in search for that in fact this production is viable in the short term. Therefore, the use of polymers from natural sources is viable social and environmental level, because it contributes to generate local income and protect the environment for future generations on the basis of sustainable development.

Keywords: Natural polymers; Industry; Sustainability.

1. Introdução

O avanço tecnológico tem impulsionado a busca por materiais alternativos nos diversos campos da indústria para promover o bom desempenho e diminuir os custos na geração de um produto, nesse contexto, pesquisas com polímeros das mais variadas fontes têm sido alvo de grande interesse no mercado.

De acordo com Borschiver et al. (2008) durante muito tempo o petróleo foi a principal fonte de matéria prima para os polímeros, no entanto com o aumento do preço e a crescente preocupação com os índices de poluição ambiental, tornou-se necessário a busca por novas fontes de polímeros.

Os polímeros são macromoléculas compostas por unidades de repetição (monômeros), moléculas com massa molecular baixa, ligadas entre si, predominantemente, por ligações covalentes (JÚNIOR, 1998; PITT et al., 2011).

Conforme Brito e colaboradores (2011) polímeros obtidos a partir de matéria-prima de fonte renovável, ao invés de fontes fósseis, são reconhecidos como polímeros verdes, pode-se citar como exemplo o polietileno verde e o policloreto de vinila verde, os quais permanecem com as mesmas características dos obtidos de fontes fósseis, ambos são produzidos no Brasil derivados do processo de produção da cana-de-açúcar.

Nesse artigo será relatado um pouco da história dos polímeros, da capacidade de aproveitamento dos recursos naturais como fonte para produção de biopolímeros, além da análise do uso de polímeros na indústria e em especial na indústria farmacêutica, com base nesses pontos discutiremos a viabilidade social, econômica e ambiental do uso dessas moléculas para a sociedade na busca da sustentabilidade.

2. História dos Polímeros

O termo polímero foi criado pelo químico alemão Jöns Jacob Berzelius em 1832, quando Berzelius tentou diferenciar moléculas orgânicas que possuíam os mesmos elementos químicos, mas diferiam nas propriedades químicas (JÚNIOR, 1998; PITT et al., 2011).

Conforme Brown e colaboradores (2005) os polímeros podem ser classificados em polímeros naturais e sintéticos, durante um longo tempo os humanos utilizaram polímeros naturais, como lã, couro e borracha natural para elaboração de materiais úteis ao cotidiano (BROWN et al., 2005).

Os polímeros formados durante o ciclo de crescimento de organismos vivos são denominados polímeros naturais, em que sua síntese envolve geralmente reações catalisadas por enzimas e reações de crescimento, de cadeia a partir de monômeros ativados, que são formados dentro das células por processos metabólicos complexos (FRANCHETTI; MARCONATO, 2006). Como exemplo podemos citar a formação de biopolímeros na água superaquecida que ocorre nas fontes geotérmicas no fundo mar, com reações envolvendo ciclos de hidratação e desidratação; já nos seres vivos a reação de hidrólise da adenosina trifosfato (ATP) a qual se transforma em adenosina monofosfato (AMP) dá origem aos ácidos nucleicos, que são polímeros naturais (ZAIA, 2003).

Pitt e colaboradores (2011) reportaram que os polímeros sintéticos se apresentaram inicialmente baseados no uso de insumos químicos oriundos do petróleo, através de reações em escala laboratorial.

Os polímeros sintéticos deram origem aos plásticos e com o passar do tempo mostraram os agravantes implicados nessa produção, por isso cada vez mais se torna atrativo a busca por produtos naturais com alternativa para diminuição dos impactos gerados.

A degradação de plástico sintético é muito lenta e pode levar até 500 anos. A "degradação"

destes plásticos gera plásticos menores, que apesar de não sendo evidente, se acumulam nos ecossistemas em grandes quantidades. Os polímeros biodegradáveis são materiais plásticos com semelhantes propriedades, mas com um tempo de degradação menor, o que poderia ser utilizada para compensar esse problema (MARIANO-TORRES et al., 2015).

O grande diferencial dos polímeros naturais (polissacarídeos e ou oligossacarídeos) é sua baixa toxicidade, biodegradabilidade, características filmogênicas, facilidade de derivatização, disponibilidade e baixo custo (VANDAME et al., 2002). Essas propriedades se apresentam como estímulo para a busca e produção de novos materiais poliméricos.

Com o passar do tempo foram descobertos os polímeros condutores, os hidrogéis ou hidroabsorventes, bioabsorvíveis, dentre outros, termos que vão sendo dados com o decorrer das pesquisas, de relevante importância no campo da biomedicina temos os bioabsorvíveis, materiais poliméricos que podem se dissolver em fluidos corpóreos sem qualquer clivagem da cadeia macromolecular ou diminuição de massa molecular (SANTOS; WADA, 2007).

Desta maneira, os polímeros vão sendo nomeados e classificados de acordo com suas características, não há uma padronização específica para os diversos nomes encontrados na literatura.

3. Aproveitamento dos Recursos Naturais para geração de Polímeros

O Brasil como sendo um País de grande diversidade em sua fauna e flora apresenta-se com um ambiente propício para estudos avançados com polímeros, a fim de que possamos de fato usufruir de produtos com alto valor agregado e sobretudo com matrizes poliméricas de baixo impacto ambiental para o planeta.

Na Amazônia é desenvolvido o Projeto Fênix Amazônico – Renascendo das Cinzas da Destruição, que baseado na silvicultura de ciclo curto com espécies de plantas da Amazônia, trata da recuperação da floresta quando perturbações ocorrem, desenvolvendo compósitos de madeira com termoplásticos, que constitui umas das áreas de Pesquisa e Desenvolvimento na área de materiais poliméricos (MARINELLI et al., 2008).

A aplicabilidade dos polímeros vai desde materiais simples até grandes componentes para uso na medicina, aviação, alimentação, cosméticos, dentre outros. O que torna relevante o conhecimento desses materiais, para elaboração dos mesmos em escala maior, a partir de fontes naturais.

As plantas com base na sua composição química possuem polímeros com bastante utilidade para os diversos ramos industriais. Muitas espécies apresentam em sua estrutura polissacarídeos capazes de formar redes poliméricas com amplas aplicações no mercado.

No campo da agricultura utilizam-se biopolímeros para auxílio nas técnicas de suplementação aos nutrientes do solo, conservação de climas ideais, identificação, e para possíveis tratamentos de diversas patologias que agredem o reino Plantae (LIMA; SOUSA, 2011).

Os polímeros advindos de fontes naturais também chamados de biopolímeros apresentam diversas aplicações citadas na literatura. A tabela 1 apresenta os resultados de uma pesquisa realizada somente no ano de 2016. Observa-se que os biopolímeros obtidos de plantas, algas marinhas e bactérias apresentam diferentes aplicações, em destaque pode-se notar o desenvolvimento de nanopartículas com composição e natureza variada para confinar o composto, tendo como estratégia a liberação controlada.

Tabela 1- Principais biopolímeros e algumas de suas aplicações. Fonte: Elaborado pelo autor.

BIOPOLÍMEROS	FONTE	APLICAÇÕES	REFERÊNCIAS
Amido	Plantas	Melhoramento de gel	Lin et al., 2016.
		Nanocompósito	Hamidian; Tavakoli, 2016.
		Nanopartícula	Najafi et al., 2016.
Celulose	Plantas	Nanocompósito	Deng et al., 2016.
		Nanofibra	Huang et al., 2016.
		Biomaterial para liberação de droga	Bezerra et al., 2016.
Agar	Algas marinhas	Gel	Bilal et al., 2016.
		Nanopartícula	Patra et al., 2016.
		Filmes	Vejdan et al., 2016.
Dextrano	Bactérias	Nanopartícula	Barnerjee et al., 2016.
		Nanocarregador	Kiani et al., 2016.
		Sinalizador de proteínas	Reyes et al., 2016.
Quitosana	Exoesqueleto de crustáceos	Filmes	Aljawish et al., 2016.
		Nanopartícula	Wang et al., 2016.
		Nanocompósito	Ansari et al., 2016.
		Nanocarregador	Wu et al., 2016.
Alginato	Algas marinhas	Nanopartículas	Huang et al., 2016.
		Hidrogel	Padoł et al., 2016.
		Filmes	Shankar et al., 2016.
Carragena	Algas marinhas	Nanocompósito	Duman et al., 2016.
		Hidrogel	Tranquillan-Aranilla et al., 2016.
		Nanopartícula	Long et al., 2016.
Gelatina	Desnaturação do colágeno (principal proteína do tecido animal)	Gel	Morales et al., 2016.
		Nanofibras	Steyaert et al., 2016.
		Filmes	Teng et al., 2016.
Lignina	Plantas	Polióis e espumas	Mahmood et al., 2016.
		Hidrogel	Nakosone et al., 2016.
		Nanofibras	Delgado-Aguilar et al., 2016.

Muito da biodiversidade existente no planeta por vezes é subaproveitada por falta de investimento em Ciência e Tecnologia, para promoção de pesquisa científica, o que acaba afetando o desenvolvimento de produtos e processos que poderiam contribuir significativamente para a melhoria da qualidade de vida do ser humano.

Marinelli e colaboradores (2008) revelam que compósitos de polímeros com fibras naturais vêm sendo também apontados como alternativas potências, economicamente rentáveis, para a fixação de carbono na natureza, reduzindo também a emissão de CO₂ na atmosfera durante o seu ciclo de produção, processamento e utilização, ganhando assim um incremento de seu potencial econômico devido à possibilidade de comércio de créditos carbonos para a cadeia produtiva.

A necessidade de viabilizar a continuidade do desenvolvimento, racionalizar o consumo, optar por soluções e produtos sustentáveis em todo o seu ciclo de vida e buscar o equilíbrio entre o homem e a natureza passaram a ser considerações fundamentais no desenvolvimento de produ-

tos (LEMOS; MARTINS, 2014).

É preciso sobretudo que se pense no saber usar, com fins adequados, respeitando o limite de recomposição dos ecossistemas para abstrair das plantas, dos habitats, reservas de água, dos animais, etc, o que de melhor eles podem oferecer sem de fato prejudicar a sobrevivência das gerações futuras.

3.1 Biopolímeros sustentáveis

Há um grande número de estudos com polímeros naturais, tendo em vista o universo de recursos que podem dar subsídios para essas atividades, nesse contexto existe o polímero extraído da mamona (*Ricinus communis*), que é útil para preenchimento de defeitos ósseos, no tratamento cirúrgico em ratos mostrou-se que o material é biocompatível para essas lesões, sendo osteocondutor, permitindo o crescimento de tecido ósseo em meio aos seus poros (ALMEIDA et al., 2010).

Na busca pela sustentabilidade Pereira e colaboradores (2014) tratam da produção de biocompositos baseados no uso da palha de carnaúba *Copernicia prunifera* (Miller), conhecida como carnaubeira com adição de quitosana, mostrando a viabilidade de filmes biodegradáveis.

Theodoro e colaboradores (2015) denotam que o polímero extraído da semente da *Moringa oleifera* Lam constitui uma alternativa em potencial bastante promissora para remoções dos sólidos dissolvidos na água, servindo para o tratamento de águas.

Fibras vegetais de bagaço de cana-de-açúcar, material em abundância no país, podem ser usadas para reforço de matrizes poliméricas recicladas, sobretudo no campo de aplicação e desenvolvimento de peças automobilísticas, esportivas, aeronáuticas, moveleiras e na indústria da construção civil (LIGOWSKI et al., 2015).

Dalcaton e colaboradores (2010) produziram poliésteres biológicos e biodegradáveis como os poli-hidroxialcanoatos, através de matérias-primas renováveis no qual oferecem a possibilidade de um ciclo de produção fechado, onde a fonte de carbono metabolizada por microorganismo produz um biopolímero completamente biodegradável a gás carbônico e água, desta forma estes elementos serão absorvidos por plantas que, novamente, fornecerão a fonte de carbono necessária para a produção dos poli-hidroxialcanoatos, fechando o ciclo.

Cada vez mais se intensifica a busca por produtos naturais com propriedades poliméricas que possam contribuir para a sustentabilidade, há uma tendência mundial por produtos que não causem impacto negativo ao meio ambiente. Os biopolímeros sustentáveis devem seguir os três pilares do desenvolvimento sustentável que são zelar pela harmonia da tríade: desenvolvimento econômico, social e a proteção ambiental (VARGAS, 2000; KAROSKA, ASKOUNIS; 2010).

Para que haja de fato um desenvolvimento sustentável onde as esferas social, ambiental e econômica caminhem juntas são necessárias algumas prioridades, Lu e colaboradores (2015) apontam que é preciso elaborar métodos de mensuração de impactos ambientais, estabelecer mecanismos de monitoramento, avaliar o progresso, melhorar a infra-estrutura, padronizar e verificar os dados; para que sejam alcançadas as metas de sustentabilidade propostas pela Organização das Nações Unidas.

Nesse contexto, apesar dos incipientes métodos de monitoramento para um eficaz desenvolvimento sustentável, notamos que é crescente o número de publicações que envolvem biopolímeros, uma vez que os mesmos são uma alternativa para promoção da sustentabilidade (GRÁFICO 1).



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da Base de dados Science Direct (2000-2015).

Esses dados denotam que apesar das dificuldades de conscientização global para termos um ambiente equilibrado, a cada ano cresce o número de pesquisas que desenvolvem materiais alternativos os quais agredem menos o meio ambiente.

3.2 Aplicação dos polímeros na indústria

A indústria de polímeros constitui um dos pilares do estilo de vida contemporâneo. É enorme a quantidade de bens que nos cercam que são produzidos de material polimérico, uma vez que eles são utilizados em quase todas as áreas das atividades humanas, principalmente nas indústrias automobilísticas, de embalagens, de revestimentos e de vestuário, os quais vão se incorporando de forma permanente no dia a dia de nossas vidas. Isso se deve também ao fato de que os materiais poliméricos vêm conquistando muitos mercados através da substituição de outros insumos, como papel, madeira e metais (HEMAIS et al., 2000).

Wan e colaboradores (2001) afirmam que a principal fonte de renda da indústria petroquímica na segunda metade do século vinte passou a ser a produção de polímeros sintéticos, o que possibilitou um forte vínculo entre a química, ciência e engenharia de materiais.

A produção de polímeros no mercado global tem crescido de forma acentuada, em 1950 produzia-se 5 milhões de toneladas, em 2011 ficou em torno de 100 milhões de toneladas, sendo que o setor de embalagens responde por aproximadamente 42% do total, que pode ser trabalhado de forma sustentável, através do uso de materiais biodegradáveis (SILVESTRE; DURACCIO; CIMMINO, 2011).

Atualmente há um grande interesse em polímeros no campo da biomedicina, o que resulta na proposição de biopolímeros, devido seu grande potencial biocompatível e biodegradável, muitos estudos se voltam para produção dessas matrizes, capazes de atuar no transporte ativo de substâncias dentro do organismo, o que está sendo produzido em escala industrial pelas indústrias farmacêuticas (PITT et al., 2011).

De acordo com a Sociedade Nacional de Agricultura (2012) os principais biopolímeros produzidos no Brasil são: Polímero de amido (produzido com matérias-primas como o milho, a mandioca, a batata ou o trigo), Polilactatos (produzido a partir do ácido láctico feito por bactérias), Polihidroxialcanoato (produzido por bactérias que se alimentam de cana-de-açúcar, milho e óleo

vegetal).

3.2.1 Os biopolímeros na indústria farmacêutica

Os produtos naturais há longo tempo servem de base para a medicina popular, muitos medicamentos foram sintetizados devido ao uso desses recursos naturais, o que varia de acordo com as reservas locais de cada comunidade.

Uma grande variedade de polímeros naturais pode ser utilizada para a preparação de sistemas poliméricos de transporte, dos quais se destacam os peptídeos, as proteínas e os polissacarídeos. Os polímeros naturais podem ser utilizados para preparar micropartículas poliméricas, bem como transportadores coloidais, isto é, as nanopartículas poliméricas (SEVERINO et al., 2008).

Souza e colaboradores (2015) realizaram o encapsulamento do ácido ascórbico com a matriz polimérica de galactomanana, biopolímero obtido das sementes de *Delonix regia* (Flamboyant), como resultado observou-se o melhoramento da estabilidade química com preservação das propriedades funcionais do ácido ascórbico devido ao uso do biopolímero como matriz de revestimento do fármaco.

Na linha de liberação de fármaco El-Ghaffar et al. (2012) preparou um hidrogel com alginato de sódio e poliglicídios metacrilato para liberação da riboflavina em fluido intestinal/gástrico simulado, observou-se melhor eficiência de retenção da droga e boa estabilidade química.

A vitamina E quando encapsulada através de nanoemulsões com polímeros naturais da proteína isolada do soro de leite e com a goma arábica pode ser utilizada como emulsificantes naturais, neste caso a goma arábica apresentou-se mais eficaz na estabilização das esferas (Ozturk et al., 2015).

O poliéster hexasubsituído poli(ácido láctico) HEXPLA, polímero biodegradável, e semissólido, permite devido essas propriedades a liberação de drogas lipofílicas; a incorporação de substâncias ativas como haloperidol para posterior liberação de forma controlada pode ser feita mediante suspensão na razão droga e solução do polímero (ASMUS et al., 2011).

A quitosana biopolímero natural obtida pela desacetilação da quitina em meio alcalino, é apontada por Popat e colaboradores (2012) como um material viável para revestimento do ibuprofeno, devido a mesma aumentar o potencial de liberação do fármaco.

Organogéis baseados em lanolina foram encapsulados com micropartículas de alginato, pelo método de gelificação ionotrópica, o que demonstrou melhorar a capacidade de entrega de drogas como ácido salicílico e metronidazol (SAGIRI; PAL; BASAK, 2014).

Para tanto, esses e outros polímeros naturais vem sendo testados com o objetivo de diminuir os gastos com materiais sintéticos e melhorar a eficiência dos produtos farmacêuticos.

4. Metodologia

Para realização desse trabalho foi realizado uma pesquisa bibliográfica sobre polímeros a qual está embasada em dados qualitativos e quantitativos sobre o uso de polímeros naturais com o intuito de promover a sustentabilidade.

Como suporte para busca por artigos sobre a temática abordada utilizamos a base de dados de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a plataforma Science Direct, a pesquisa abrangeu tanto produções nacionais quanto internacionais entre 1998 – 2016.

5. Considerações Finais

A utilização dos recursos naturais pelo homem sempre foi algo necessário para sua subsistência, agora pensar nesse uso de forma equilibrada, sustentável, para não exaurirmos esses recursos é algo que têm ocorrido de forma lenta, a conscientização para um consumo que não agrida o meio ambiente e aproveite ao máximo os benefícios das fontes naturais ainda está aquém do desejável para civilizações ditas pós-modernas.

Normalmente os interesses em preservação ambiental são deixados em segundo plano, quando há decisões que requerem investimentos e ou/ perdas financeiras. A proteção do meio ambiente torna-se uma condição da permanência do sistema econômico considerado como o único que tenha a flexibilidade suficiente para responder aos desafios sociais e ambientais (ROCHA, 2011).

Muitas vezes o conflito de interesses entre o econômico e o ambiental acaba prejudicando o aproveitamento dos recursos naturais, no caso do uso de polímeros naturais há grande viabilidade do ponto de vista ambiental, uma vez que faz uso de recursos que por vezes são descartados ou subaproveitados, no entanto, são necessários investimentos adequados em pesquisa para que esses resultados cheguem de fato ao mercado.

A conscientização entre consumidores e população em geral sobre as vantagens dos biopolímeros podem permitir uma economia dos recursos energéticos e diminuição dos processos de contaminação do meio, por conta do uso dos polímeros sintéticos (VALERO-VALDIVIESO, 2013).

Em suma, apesar das divergências quando se fala sobre viabilidade econômica dos biopolímeros é preciso lançar um olhar futurista sobre essa produção em termos também de economia de recursos naturais e não somente com relação aos lucros imediatistas; do ponto de vista ambiental e social é perceptível que com um aumento do uso e por consequência da produção de biopolímeros haverá maior geração de renda, o que pode estimular o mercado local e recuperar/ aproveitar fontes naturais por vezes ignorada, além de contribuir para manutenção de um ambiente saudável.

Referências Bibliográficas

ALJAWISH, A.; MUNIGLIA, L.; KLOUJ, A.; JASNIEWSKI, J.; SCHER, J.; DESOBRY, S. Characterization of films based on enzymatically modified chitosan derivatives with phenol compounds. **Food Hydrocolloids**, v.16, p. 1-31, 2016.

ALMEIDA, J. M.; SANTOS, M. R.; FERNANDES, L. A.; THEODORO, L. H.; GARCIA, V. G. Estudo histomorfométrico do processo de cicatrização óssea em defeitos cirúrgicos de tamanho crítico em calvárias de ratos preenchidos com polímero de mamona. **Revista Odontológica Araçatuba**, v. 31, n. 01, p. 22-27, 2010.

ANSARI, F.; SOBHANI, A.; SALAVATI-NIASARI, M. Green synthesis of magnetic chitosan nanocomposites by a new sol-gel auto-combustion method. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 410, p. 27-33, 2016.

ASMUS, L. R.; GURNY, R.; MÖLLER, M. Solutions for lipophilic drugs: a biodegradable polymer acting as solvent, matrix, and carrier to solve drug delivery issues. **The International journal of artificial organs**, v. 34, n. 2, p. 238-242, 2011.

BANERJEE, A.; BANDOPADHYAY, R. Use of dextran nanoparticle: A paradigm shift in bacterial exo-

polysaccharide based biomedical applications. **International journal of biological macromolecules**, v. 87, p. 295-301, 2016.

BEZERRA, R. D.; MORAIS, A. I.; OSAJIMA, J. A.; NUNES, L. C.; SILVA FILHO, E. C. Development of new phosphated cellulose for application as an efficient biomaterial for the incorporation/release of amitriptyline. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 86, p. 362-375, 2016.

BILAL, M.; ASGHER, M.; SHAHID, M.; BHATTI, H. N. Characteristic features and dye degrading capability of agar-agar gel immobilized manganese peroxidase. **International journal of biological macromolecules**, v. 86, p. 728-740, 2016.

BORSCHIVER, S.; ALMEIDA, L.F.M.; ROITMAN, T. Monitoramento tecnológico e mercadológico de biopolímeros. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 18, n. 3, p. 256-261, 2008.

BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M.; MELO, T. J. A. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.

BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9 ed. Prentice-Hall, 2005.

DALCANTON, F.; IENCZAK, J. L.; FIORESE, M. L.; ARAGÃO, G. M. F. Produção de poli (3-hidroxibutirato) por *Cupriavidus necator* em meio hidrolisado de amido de arroz com suplementação de óleo de soja em diferentes temperaturas. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 552-556, 2010.

DELGADO-AGUILAR, M.; GONZÁLEZ, I.; TARRÉS, Q.; PELACH, M. A.; ALCALA, M.; MUTJE, P. The key role of lignin in the production of low-cost lignocellulosic nanofibres for papermaking applications. **Industrial Crops and Products**, v. 86, p. 295-300, 2016.

DENG, F.; DONG, Y. Y.; LIU, S.; WANG, B.; MA, M. G.; DU, X. Revealing the influences of cellulose on cellulose/SrF 2 nanocomposites synthesized by microwave-assisted method. **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 258-265, 2016.

DUMAN, O.; TUNÇ, S.; POLAT, T. G.; BOZOGLAN, B. K. Synthesis of magnetic oxidized multiwalled carbon nanotube-κ-carrageenan-Fe 3 O 4 nanocomposite adsorbent and its application in cationic Methylene Blue dye adsorption. **Carbohydrate Polymers**, v. 147, p. 79-88, 2016.

EL-GHAFFAR, M. A.; HASHEM, M. S.; EL-AWADY, M. K.; RABIE, A. M. pH-sensitive sodium alginate hydrogels for riboflavin controlled release. **Carbohydrate polymers**, v. 89, n. 2, p. 667-675, 2012.

FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. Polímeros biodegradáveis-uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 811, 2006.

HAMIDIAN, H.; TAVAKOLI, T. Preparation of a new Fe 3 O 4/starch-g-polyester nanocomposite hydrogel and a study on swelling and drug delivery properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 144, p. 140-148, 2016.

HEINZEN, D. A.; MATTOS, A. P. M. N.; CAMPOS, L. M.; PALIDINI, E. P. Estudo da viabilidade de produto inovador "verde" para o mercado consumidor comum. **Revista Gestão Organizacional**, v. 4, n. 2, p. 122-131, 2011.

HEMAIS, C. A.; ROSA, E.O.R.; BARROS, H.M. Observações sobre o Desenvolvimento Tecnológico e os Ciclos da Indústria de Polímeros no Brasil. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 3, p. 149-154, 2000.

HUANG, J. F.; LI, Y. T.; WU, J. H.; CAO, P. Y.; LIU, Y. L.; JIANG, G. B. Floatable, macroporous structured alginate sphere supporting iron nanoparticles used for emergent Cr (VI) spill treatment. **Carbohydrate Polymers**, v. 146, p. 115-122, 2016.

HUANG, W.; WANG, Y.; CHEN, C.; LAW, J. L. M.; HOUGHTON, M.; CHEN, L. Fabrication of flexible self-standing all-cellulose nanofibrous composite membranes for virus removal. **Carbohydrate Polymers**, v. 143, p. 9-17, 2016.

JUNIOR, E. H. Aspectos Históricos sobre o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia de Polímeros. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 2, p. 6-9, 1998.

KIANI, M.; TEKIE, F. S. M.; DINARVAND, M.; SOLEIMANI, M.; DINARVAND, R.; ATYABI, F. Thiolated carboxymethyl dextran as a nanocarrier for colon delivery of hSET1 antisense: In vitro stability and efficiency study. **Materials Science and Engineering: C**, v. 62, p. 771-778, 2016.

LEMOES, A. L.; MARTINS, R. M. Desenvolvimento e Caracterização de Compósitos Poliméricos à Base de Poli (Ácido Lático) e Fibras Naturais. **Polímeros**, v. 24, n. 2, p. 190-197, 2014.

LIGOWSKI, E. S.; BENEDITO, C. D.; FUJIWARA, S. T. Materiais compósitos a base de fibras da cana-de-açúcar e polímeros reciclados obtidos através da técnica de extrusão. **Polímeros**, v. 25, n. 1, p. 70-75, 2015.

LIMA, R. M. F. D.; SOUZA, V. V. Polímeros Biodegradáveis: Aplicação na Agricultura e sua Utilização como Alternativa para a Proteção Ambiental. **Revista Agrogeoambiental**, v. 3, n. 1, 2011.

LIN, J. H.; LIANG, C.W.; CHANG, Y. H. Effect of starch source on gel properties of kappa-carrageenan-starch dispersions. **Food Hydrocolloids**, v. 60, p. 509-515, 2016.

LONG, J.; XU, E.; LI, X.; WU, Z.; WANG, F.; XU, X.; ZHAN, X. Effect of chitosan molecular weight on the formation of chitosan-pullulanase soluble complexes and their application in the immobilization of pullulanase onto Fe₃O₄-κ-carrageenan nanoparticles. **Food chemistry**, v. 202, p. 49-58, 2016.

LU, Y. L.; NAKICENOVIC, N.; VISBECK, M.; STEVANCE, A. S. Five priorities for the UN Sustainable Development Goals. **Nature**, v. 521, n. 7550, p. 28-28, 2015.

MAHMOOD, N.; YUAN, Z.; SCHMIDT, J.; XU, C. C. Depolymerization of lignins and their applications for the preparation of polyols and rigid polyurethane foams: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 317-329, 2016.

MARIANO-TORRES, J. A.; LÓPEZ-MARURE, A.; DOMIGUEZ-SÁNCHEZ, M. A. Synthesis and characterization of polymers based on citric acid and glycerol: Its application in non-biodegradable polymers. **Dyna**, v. 82, n. 190, p. 53-59, 2015.

MARINELLI, A. L.; MONTEIRO, M. R.; AMBRÓSIO, J. D.; BRANCIFORTI, M. C.; KOBAYASHI, M.; NOBRE, A. D. Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras vegetais naturais da biodiversidade: uma contribuição para a sustentabilidade amazônica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 18, n. 2, p. 92-99, 2008.

MORALES, R.; MARTINEZ, M. J.; PILOSOFF, A. M. R. Dynamics of gelation, textural and microstructural properties of gelatin gels in the presence of casein glycomacropeptide. **Food Research International**, v. 84, p. 102-107, 2016.

- NAJAFI, S. H. M.; BAGHAIE, M.; ASHORI, A. Preparation and characterization of acetylated starch nanoparticles as drug carrier: Ciprofloxacin as a model. **International journal of biological macromolecules**, v. 87, p. 48-54, 2016.
- NAKASONE, K.; KOBAYASHI, T. Cytocompatible cellulose hydrogels containing trace lignin. **Materials Science and Engineering: C**, v. 64, p. 269-277, 2016.
- OZTURK, B.; ARGIN, S.; OZILGEN, M.; MCCLEMENTS, D. J. Formation and stabilization of nanoemulsion-based vitamin E delivery systems using natural biopolymers: whey protein isolate and gum arabic. **Food chemistry**, v. 188, p. 256-263, 2015.
- PADOL, A. M.; DRAGET, K. I.; STOKKE, B. T. Effects of added oligoguluronate on mechanical properties of Ca-alginate-oligoguluronate hydrogels depend on chain length of the alginate. **Carbohydrate Polymers**, v. 147, p. 234-242, 2016.
- PATRA, S.; ROY, E.; MADHURI, R.; SHARMA, P. K. Agar based bimetallic nanoparticles as high-performance renewable adsorbent for removal and degradation of cationic organic dyes. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 33, p. 226-238, 2016.
- PEREIRA, M. R.; MARQUES, J. S.; FONSECA, J. L. C. Biocomposites based on chitosan and carnauba straw powder. **Polímeros**, v. 24, n. 4, p. 446-452, 2014.
- PITT, F. D.; BOING, D.; BARROS, A. A. C. Desenvolvimento histórico, científico e tecnológico de polímeros sintéticos e de fontes renováveis. **Revista da UNIFEDE**, v. 1, n. 09, 2011.
- POPAT, A.; LIU, J.; LU, G. Q. M.; QIAO, S. Z. A pH-responsive drug delivery system based on chitosan coated mesoporous silica nanoparticles. **Journal of Materials Chemistry**, v. 22, n. 22, p. 11173-11178, 2012.
- REYES, A. W. B.; ARAYAN, L. T.; SIMBORIO, H. L. T.; HOP, H. T.; MIN, W.; LEE, H. J.; KIM, S. Dextran sulfate sodium upregulates MAPK signaling for the uptake and subsequent intracellular survival of *Brucella abortus* in murine macrophages. **Microbial pathogenesis**, v. 91, p. 68-73, 2016.
- ROCHA, J. M. D. **Sustentabilidade em questão: Economia, sociedade e meio ambiente**. Jundiaí, SP: Paco, 2011. 166p.
- SAGIRI, S. S.; PAL, K.; BASAK, P. Encapsulation of animal wax-based organogels in alginate micro-particles. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 131, n. 20, p. 1-11, 2014.
- SANTOS, A. R.; WADA, M. L. F. Polímeros biorreabsorvíveis como substrato para cultura de células e engenharia tecidual. **Polímeros Ciência e Tecnologia**, v. 17, n. 4, p. 308, 2007.
- SCHNEPP, Z. Biopolymers as a flexible resource for nanochemistry. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 52, n. 4, p. 1096-1108, 2013.
- SEVERINO, P.; SANTANA, M. H. A.; MALMONGE, S. M.; SOUTO, E. B. Polímeros usados como sistemas de transporte de princípios ativos. **Polímeros**, v. 21, n. 5, p. 361-368, 2011.
- SHANKAR, S.; WANG, L. F.; RHIM, J. W. Preparations and characterization of alginate/silver composite films: Effect of types of silver particles. **Carbohydrate Polymers**, v. 146, p. 208-216, 2016.
- SILVESTRE, C.; DURACCIO, D.; CIMMINO, S. Food packaging based on polymer nanomaterials. **Progress in Polymer Science**, v. 36, n. 12, p. 1766-1782, 2011.

- SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. Biopolímeros: “plásticos de grãos e tubérculos. A Lavoura, n. 690, p. 22-23, 2012. Disponível em: https://issuu.com/sociedadnacionaldeagricultura/docs/a_lavoura_690. Acesso em: 25 de abril de 2016.
- SOUZA, C. A.; SIQUEIRA, S. M.; DE AMORIM, A. F.; DE MORAIS, S. M.; GONÇALVES, T.; Gomes, R. N.; RICARDO, N. M. Encapsulação do ácido l-ascórbico no biopolímero natural galactomanana por spray-drying: preparação, caracterização e atividade antioxidante. **Química Nova**, v. 38, n.7, p. 877-883, 2015.
- STEYAERT, I.; RAHIER, H.; VAN VLIERBERGHE, S.; OLIJVE, J.; DE CLERCK, K. Gelatin nanofibers: Analysis of triple helix dissociation temperature and cold-water-solubility. **Food Hydrocolloids**, v. 57, p. 200-208, 2016.
- TENG, W. ;ZHANG, X.; MERKLE, V.; WU, X. Deformation-induced mechanical anisotropy of gelatin films. **Extreme Mechanics Letters**, v. 7, p. 18-26, 2016.
- THEODORO, J. D. P.; PEREIRA, E. R.; VEIT, M. T.; BERGAMASCO, R. B.; DOS SANTOS, O. A. A. Estudo de extração salina da semente de Moringa oleifera Lam aplicado na remoção do parâmetro cor para o tratamento de água potável. **Revista Tecnológica**, edição especial, p. 275-283, 2015.
- TRANQUILAN-ARANILLA, C.; BARBA, B. J. D.; VISTA, J. R. M.; ABAD, L. V. Hemostatic efficacy evaluation of radiation crosslinked carboxymethyl kappa-carrageenan and chitosan with varying degrees of substitution. **Radiation Physics and Chemistry**, v.124, p. 124-129, 2016.
- VALERO-VALDIVIESO, M. F.; ORTEGON, Y.; USCATEGUI, Y. Biopolímeros: avances y perspectivas. **Dyna**, v. 80, n. 181, p. 171-180, 2013.
- VANDAMME, T. F.; LENOURRY, A.; CHARRUEAU, C.; CHAUMEIL, J.C. The use of polysaccharides to target drugs to the colon. **Carbohydrate Polymer**, Oxford, v. 48, p. 219-231, 2002.
- VEJDAN, A.; OJAGH, S. M.; ADELI, A.; ABDOLLAHI, M. Effect of TiO₂ nanoparticles on the physico-mechanical and ultraviolet light barrier properties of fish gelatin/agar bilayer film. **LWT-Food Science and Technology**, v. 71, p. 88-95, 2016.
- WAN, E.; GALEMBECK, E.; GALEMBECK, F. Polímeros sintéticos. **Química nova na escola**, edição especial, p. 1-4, 2001.
- WANG, Y.; ZHOU, J.; LIU, L.; HUANG, C.; ZHOU, D.; FU, L. Characterization and toxicology evaluation of chitosan nanoparticles on the embryonic development of zebrafish, Danio Rerio. **Carbohydrate Polymers**, v. 141, p. 204-210, 2016.
- Wu, M.; Cao, Z.; Zhao, Y.; Zeng, R.; Tu, M.; Zhao, J. Novel self-assembled pH-responsive biomimetic nanocarriers for drug delivery. **Materials Science and Engineering: C**, v. 64, p. 346-353, 2016.
- ZAIA, D. A. M. Da geração espontânea à química prebiótica. **Química Nova**, v. 26, n. 2, p. 260-264, 2003.

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE VINHAÇA E CINZA DE CALDEIRA TRATADOS POR PROCESSO N-VIRO SOBRE A POPULAÇÃO MICROBIANA DO SOLO DE MARINGÁ-PR

Murilo Cezar Cucolo
Milene Tomoike
Edison Schmidt Filho
Isabele Picada Emanuelli
Luiz Felipe Machado Velho

Resumo

Com a decadência da cafeicultura no Norte do Estado do Paraná no início da década de 1980, a cultura da cana-de-açúcar tornou-se uma das principais atividades agrícolas da região, fazendo o Estado ser o segundo maior produtor desta matéria-prima, que é fortemente utilizada para as indústrias de açúcar e etanol. Durante o processo de produção do açúcar e do etanol são gerados grandes quantidades de resíduos, dentre os quais podemos citar o bagaço ou palha, torta de filtro, vinhaça, cinzas e fuligens, comumente utilizadas na obtenção de energias renováveis, ou até mesmo na adubação das áreas destinadas à cultura da cana-de-açúcar. Este estudo pretende mostrar as relações entre os resíduos da produção sucroalcooleira e os componentes químicos do solo visando uma destinação apropriada e sustentável. Para isso, fez-se um estudo em laboratório para avaliar a interação entre diferentes doses de vinhaça e cinza de caldeira tratados por processo n-viro, aplicadas no solo e sua relação nas populações microbianas existente nas amostras de solos.

Palavras-chave: Microorganismos do solo, População microbiana, Composto, Processo n-viro.

Abstract

With coffee decay in the north of Paraná State in the early 1980s, the culture of sugarcane has become one of the main agricultural activities in the region, making the state the second largest producer of this raw material, which is heavily used for industrial sugar and ethanol. During the sugar and ethanol production process are generated large amounts of waste, among which we can mention the bagasse or straw, filter cake, vinasse, ash and soot, commonly used to obtain renewable energy, or even the fertilization the areas intended for the cultivation of sugarcane. This study aims to show the relationship between the waste from sugarcane production and the chemical components of the soil aimed at an appropriate and sustainable destination. For this, a study was made in the laboratory to evaluate the interaction between different dosages of vinasse and boiler ash treated with n-turn case, applied to the soil and its relationship existing microbial population in the soil samples.

Keywords: Soil microorganisms, Microbial population, Composed, N-viro process.

1. Introdução

Como principal atividade econômica da região norte do Estado do Paraná, a agricultura e as diferentes práticas agrícolas afetam fortemente o solo, causando distúrbios na comunidade microbiana que, por sua vez, podem influenciar os processos de crescimento e desenvolvimento das plantas (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 2000). A remoção da vegetação nativa para introdução de culturas, como a da cana-de-açúcar altera a composição de espécies vegetais, a matéria orgânica, os nutrientes, a estrutura e a comunidade microbiana, componentes necessários para garantir a qualidade do solo (HENDRIX et al., 1990).

Segundo SHIKIDA (2001) ao final da década de 1960 a cana-de-açúcar no Paraná não apresentava elevada expressão da cultura canavieira nacional. O açúcar produzido destinava-se ao consumo interno, sendo comum a importação do mesmo de outras regiões produtoras, como o Estado de São Paulo. Também a aguardente aqui produzida destinava a atender as cidades locais. Até 1979 manteve-se essa estrutura produtiva e com poucas perspectivas de expansão. A partir da década de 1980, com a decadência da cafeicultura no norte do estado, devido às fortes geadas ocorridas nos anos anteriores, a cana surge como alternativa para crise que se alongava desde a década anterior; soma-se a isto a expansão natural das lavouras de cana que atingiam a fronteira do Paraná a partir do Estado São Paulo. Estes fatores ganharam impulso com a implantação da segunda fase do PROÁLCOOL que estimulou a produção de álcool hidratado e a expansão das destilarias autônomas voltadas exclusivamente para a produção alcooleira.

Nos dois primeiros anos do Proálcool, o incentivo foi dado ao etanol anidro, para que ele fosse misturado à gasolina A na proporção de 20%. Em 1977, o incentivo passa a ser dado também ao etanol hidratado. Diante da resistência das montadoras em produzir veículos movidos a etanol, adotou-se, como estratégia para disseminar o uso desse último combustível, a conversão de motores a gasolina para que funcionassem com etanol hidratado. Em 1979, ocorre um acordo entre representantes do governo responsáveis pelo Proálcool e a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea) para início da produção de carros movido a etanol, levando assim o programa à segunda fase (NIGRO; SZWARC, 2010).

De acordo com dados do CENAL - Comissão Executiva Nacional do Álcool (SHIKIDA, 2001, p. 33), com o apoio governamental, a área de cana colhida no estado passou de 57.990 ha em 1980, para 140.772 ha em 1986 e a participação do Paraná passou de 2,2% para mais de 5% da produção total nacional. Atualmente, o Paraná é o segundo maior produtor de cana-de-açúcar moída do Brasil, representando 8% da produção.

Durante o processo de produção do açúcar e do etanol são gerados grandes quantidades de resíduos, dentre os quais, são utilizados para produção de energias renováveis, ou até mesmo na adubação das áreas destinadas à cultura da cana-de-açúcar. São os principais:

- **Bagaço e palha:** utilizada em grande parte para produção de energia através da queima nos fornos das caldeiras;
- **Torta de filtro:** é resultante do processo do filtro a vácuo ou do filtro prensa do lodo recebido do decantador de caldo, a quantidade gerada deste produto é em média 40 kg/tonelada de cana e sua disposição final é a lavoura e/ou compostagem.
- **Vinhaça:** conhecida também como vinhoto ou restilo, é o líquido derivado da destilação do vinho, que é resultante da fermentação do caldo da cana-de-açúcar ou melaço. Com volume variante entre 10 a 15 litros/litro de álcool, dependendo do teor alcoólico do vinho produzido e o vapor direto utilizado. A vinhaça é um resíduo ácido, com pH variando entre 4,0 a 4,8, tem cor escura, com DBO médio de 19.800 mg L⁻¹ (caldo + mel) (GLÓRIA, 1983). Exala também um cheiro

forte característico. Aproximadamente de 10 a 18 litros de vinhaça são obtidos por 1 litro de etanol produzido e sua composição varia de acordo com a matéria prima e equipamentos utilizados no processo de obtenção do etanol (WADT, 2008).

- **Cinzas e Fuligens:** é oriunda da queima do bagaço nas caldeiras que após a queima são dispostas em áreas de aterro ou aplicadas no solo. São gerados em média 2,06 kg/ton. de cana. A fuligem é proveniente do sistema de lavagem de gases instalado na chaminé, é direcionada para lagoas de decantação e sua produção média é de 11,76 kg/ton. de cana, seu destino final é a aplicação no solo.

Diversos estudos vêm sendo aplicados no sentido de verificar a reutilização de resíduos da agroindústria no intuito de tornar o sistema menos poluente ao meio ambiente. Para Giachini & Ferraz (2009) o uso de vinhaça em áreas agrícolas, especialmente em lavoura de cana, traz benefícios indiscutíveis do ponto de vista agrônomo. Segundo Gasparotto (2014) uma destinação possível e viável para a vinhaça e demais resíduos gerados no processo de fabricação do açúcar e do etanol é a sua aplicação na cultura da cana-de-açúcar através de fertirrigação, ou seja, aplicação de fertilizantes através da água de irrigação, podendo ser feita através de sistemas de micro irrigação ou por aspersão em pivô central ou convencional. Tal aplicação acaba por fornecer nutrientes como potássio e cálcio além de matéria orgânica, que são abundantes nestes resíduos.

Devido à grande disponibilidade destes resíduos que possuem grande valor fertilizante, a utilização dos mesmos na adubação do solo apresenta-se como uma alternativa, uma vez que a mesma ocasiona o aumento da fertilidade no solo aplicado. Assim, seu uso proporciona a redução dos custos com adubação e ainda reduz o impacto ambiental ocasionado pela sua destinação inadequada como a contaminação do lençol freático ou acúmulo em tanques onde ocorre grande proliferação de moscas (BARROS, 2012).

O reaproveitamento das cinzas geradas com a queima de bagaço de cana na produção de concreto no setor da construção civil poderá transformar o resíduo em mais um subproduto da cana, agregando resultados adicionais ao fluxo de caixa das usinas (UNICA, 2011).

Entretanto, a aplicação destes resíduos sem a devida parametrização pode se tornar prejudicial ao ecossistema, fato este que torna indispensável analisar os efeitos de sua aplicação no solo sobre a população microbiana para o estabelecimento de parâmetros para o uso de forma segura destes resíduos.

Os organismos presentes nos solos desempenham um importante papel na decomposição da matéria orgânica, atraindo transformações únicas e indispensáveis no ciclo global do carbono. A população microbiana existente nos solos representa a forma de vida mais abundante e diversificada no planeta.

Os microrganismos do solo são representados pela microfauna (protozoários) e da microflora (fungos, bactérias, algas e vírus). Esses microrganismos participam ativamente da decomposição de resíduos orgânicos, dos ciclos de reciclagem do nitrogênio, do fósforo e do enxofre e da decomposição de poluentes. Fatores físicos como Ph, temperatura, pressão hidrostática e pressão osmótica são necessários para o seu crescimento. Uma faixa estreita de Ph entre 6,5 e 7,5 (Ph baixo) contribuem para a proliferação das bactérias, já os fungos, crescem melhor em Ph ligeiramente ácido, e os protozoários e algas, em Ph neutro.

A dinâmica da biomassa microbiana está fortemente ligada à dinâmica da matéria orgânica; fatores que alteram os teores da matéria orgânica do solo consequentemente provocam alterações na biomassa microbiana. Práticas agrícolas como aração, adubação, e deposição de resíduos, que afetam as condições químicas e físicas do solo, terão seu reflexo na biomassa microbiana.

Pesquisas relatam que as práticas reduzidas de cultivo e adição de matéria orgânica do solo

por meio de resíduos podem manter ou aumentar os níveis de carbono e nitrogênio do solo causando aumento de biomassa microbiana no metabolismo e grande diversidade dos microrganismos (CÁRTER e RENNIE, 1982).

Os efeitos da qualidade da matéria orgânica do solo sobre os microrganismos são medidos pela biomassa microbiana, ou seja, o total de organismos presentes numa amostra do solo, e a atividade microbiana, isto é, os microrganismos vivos. Essas medidas representam a relação dos efeitos da matéria orgânica sobre as condições biológicas do solo.

As culturas que integram os sistemas de manejo do solo influenciam diretamente na persistência dos resíduos, no tamanho da biomassa microbiana e, conseqüentemente, na sustentabilidade dos agro ecossistemas. Práticas de manejo que aumentam o conteúdo total de matéria orgânica aumentam também a biomassa e a atividade dos microrganismos e, portanto, elevam a sustentabilidade ambiental.

Dessa forma torna-se indispensável o estudo das relações entre os resíduos da produção sucoalcooleira e os componentes químicos do solo visando uma destinação apropriada e sustentável. Para isso, toma-se por finalidade deste trabalho avaliar a interação entre as diferentes doses de vinhaça e cinza de caldeira tratados por processo n-viro aplicadas no solo e sua relação nas populações microbianas existente nas amostras de solos.

2. Material e Métodos

2.1 Área de coleta e preparo das amostras

A área do solo agrícola analisado situa-se na Fazenda da Unicesumar, no Município de Maringá-Pr, sob a localização geográfica evidenciada pelo sistema de coordenadas UTM SIRGAS 2000 (E: 410.565,71) e (S: 7.418.005,17). A área destina-se à prática da agricultura, bem como nas atividades e práticas acadêmicas.

Considerado como latossolo vermelho, devido aos teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário em ambientes bem drenados, e características de cor, textura e estrutura uniformes em profundidade, identificados em extensas áreas nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste do país (Embrapa). Foram coletados 13 kg de solo à 5 cm abaixo da superfície, retirado na horizontal.

2.2. O Processo N-Viro

O "Processo de Estabilização Alcalina Avançada com Subsequente Secagem Acelerada" (Processo N-Viro) tem como princípio a sua união com substâncias e resíduos alcalinos de fontes diversas os quais são dependentes da disponibilidade e de seus custos (LOGAN; BURNHAM, 1995). Após tal mistura, ocorre uma elevação da temperatura, um período de descanso de pelo menos 12 horas, com posterior secagem das pilhas tratadas ao ar, com revolvimento mecânico ou uso de secadores. Quando ocorre a união das substâncias alcalinas acontecem reações que elevam a temperatura da massa para uma faixa entre 52 e 62° C e o pH para valores próximos a 12. Tal aquecimento eleva o teor de sólidos para valores acima de 50% (LOGAN; BURNHAM, 1995). Em suma, a estabilização alcalina é a união de alto pH com energia térmica gerando um material seco e pasteurizado. Desta forma, o Processo N-Viro estabiliza e pasteuriza as substâncias e reduz odores, indisponibilizando elementos tóxicos como alguns metais pesados ou elementos traço, aos níveis estabelecidos pela United States Environmental Protection Agency (USEPA, 1995; LOGAN; HARRISON, 1995). LOGAN et al, (1997), demonstraram que após a aplicação de N-Viro Soil em culturas muito utilizadas na alimentação humana, como o feijão, alface, cenoura, repolho, batata e tomate, os níveis de elementos traço tóxicos se mantiveram muito abaixo dos níveis permitidos

pela legislação americana no solo e na planta. O produto de tal processo é chamado de “N-Viro Soil”, o qual apresenta aspecto granular similar ao solo, e que possui características como alto teor de Ca^{2+} , parte do qual é solúvel em água (YAMAKAWA, 1999). Tal material pode ser utilizado com segurança em sistemas agrícolas (LOGAN; BURNHAM, 1995; BURNHAM et al., 1992), além de poder ser estocado por longos períodos de tempo em locais abertos ou fechados.

O N-Viro Soil, é denominado, segundo a classificação para lodos, de “lodo CLASSE A” (Class A Sludge), isto é, a mais alta classe de desinfecção possível de ser alcançada tanto pela legislação americana (USEPA, 1995), como pela brasileira (CONAMA, 2006). A metodologia de tratamento N-Viro é reconhecida internacionalmente, sendo citada por vários pesquisadores, que relatam sua aplicabilidade no tratamento de lodos de esgoto (PINTO, 2001; FERNANDES; SOUZA, 2001; FERNANDES, 2000; OUTWATER, 1994).

Diversos pesquisadores comprovaram os efeitos benéficos da aplicação de lodos tratados pelo Processo N-Viro em solos agrícolas pela melhoria dos atributos ligados à fertilidade do solo. A aplicação de N-Viro Soil nos solos promove elevação do pH (LOGAN et al. 1997; SLOAN; BASTA, 1995), da concentração de Ca^{2+} (sendo parte solúvel em água), CTC (capacidade de troca de cátions do solo), disponibilidade de nutrientes e redução da toxidez de Al^{3+} (LUCCHESI, 1997; SLOAN; BASTA, 1995). Portanto, o N-Viro Soil é uma alternativa viável para corrigir a acidez de solos ácidos, e fornecer nutrientes, mesmo podendo apresentar baixas concentrações de determinados nutrientes (VIANNA et al., 1999).

Apesar dos efeitos benéficos da utilização de lodos de esgoto tratados em solos agrícolas, a utilização e recomendação das doses dos diferentes tipos de lodos tratados tem sido efetuada com base no teor de nitrogênio disponível do material (RAIJ, 1998), dependendo do produto final a ser aplicado, tal metodologia pode não ser a mais adequada. Ou seja, há a necessidade da busca de doses que proporcionem a máxima eficiência agrônômica sem contudo, contaminar ou degradar o ambiente em que foram utilizados. Tal busca, também é necessária para os lodos tratados pelo Processo N-Viro. Apesar de ser um método relativamente recente no Brasil, já diversos estudos foram realizados com tais materiais (SALVADOR, 2002; PREISLER, 2002; NISHIMURA, 2002; VIANNA et al., 1999). Entretanto, há a necessidade de se definir parâmetros mais precisos para as doses a serem utilizadas em solos brasileiros para que os efeitos da aplicação deste material nos atributos químicos do solo e em plantas ali cultivadas sejam expressos na sua maior potencialidade.

2.3 Método de incubação do solo e adição de vinhaça e cinza de caldeira tratados por processo n-viro

O solo foi peneirado em peneira de malha 04 ml e acondicionado em sacos de filme plástico transparente com respiro através de tubos de plástico na superfície do saco. Receberam adição da vinhaça e cinza de caldeira tratados por processo n-viro nas seguintes repetições e proporções.

Quadro de repetições e proporções

Controle	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
1R1	1R2	1R3	1R4
2R1	2R2	2R3	2R4
3R1	3R2	3R3	3R4

Todas as amostras foram aeradas uniformemente, por agitação manual de forma a manter

vivas as bactérias aeróbicas.

2.3 Método de cultivo bacteriano para análise quantitativa

Foram coletados de cada amostra do solo incubado 10 g, sendo diluídos em 90 ml de água destilada e levadas para agitador mecânico por 30 m, após agitação foi feita a diluição da solução em 10^{-5} e inoculada 0,1 ml em placas de petri com meio de cultura BDA. As placas foram acondicionadas em temperatura e luminosidade ambiente. Após 24 horas foi feita a primeira contagem de colônias de bactérias, a segunda após 48 horas. Passados 7 dias da aplicação do composto no solo foi realizada nova diluição e contagem de bactérias.

3. Resultado e Discussão

Após a incubação das placas de petri foram avaliados o crescimento dos micro-organismos, sobre as diferentes concentrações do vinhaça e cinza de caldeira tratados por processo n-viro de períodos de 24 e 48 horas.

O grupo 1 foi selecionado como referência, este grupo não foi contaminado com o composto objetivando observar o comportamento dos micro-organismos e servir como base para comparação dos grupos 2, 3, e 4 contaminados respectivamente com: 10 g/kg, 20 g/kg, 30 g/kg há⁻¹ de composto. O gráfico 01 demonstra a evolução do crescimento das colônias.

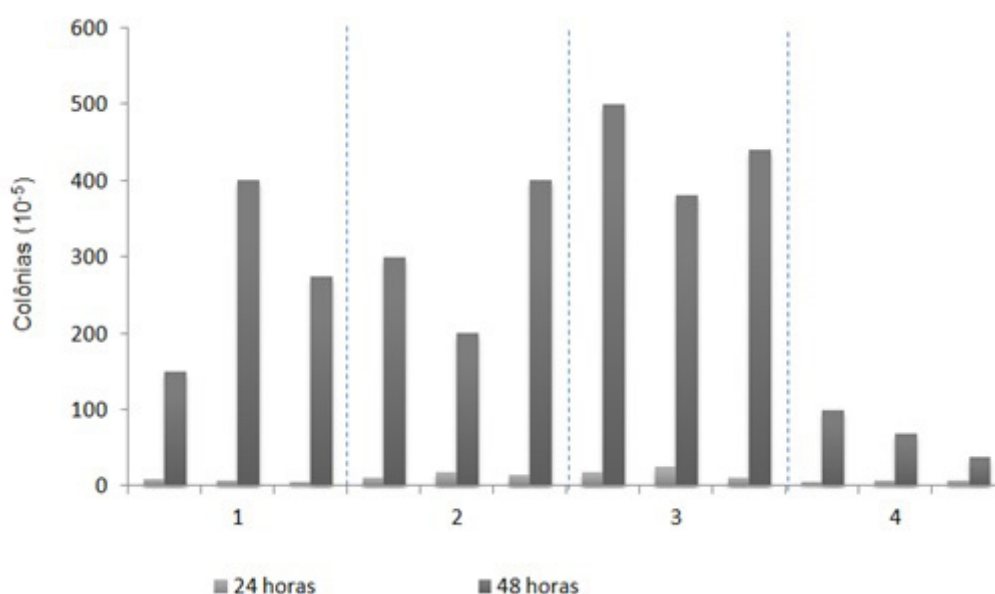


Gráfico 01. Evolução das populações microbianas em comparação ao grupo de referência após 24 e 48 horas da adição do composto.

O gráfico 02 faz a média de crescimento das colônias de microrganismos em relação à amostra de referência do grupo 1 após 24 e 48 horas de adição do vinhaça e cinza de caldeira tratados por processo n-viro.

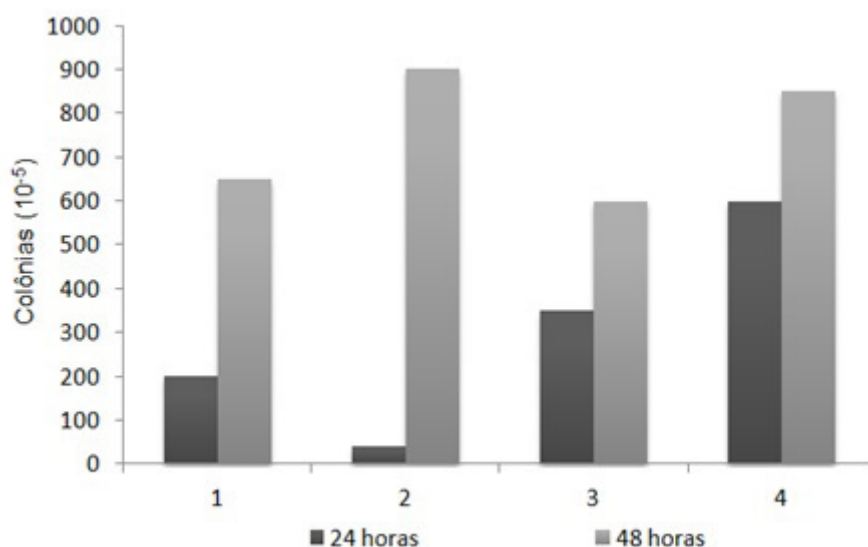


Gráfico 02. Média da evolução das populações microbianas em comparação ao grupo de referência após 24 e 48 horas após adição do composto.

Nota-se que o grupo 2 apresentou um menor crescimento de micro-organismos no período de 24 horas e em seguida um crescimento vertiginoso no período de 48 horas após a contaminação. O crescimento de micro-organismos nos grupos 3 também cresceu quando comparado com o grupo referência. Já o grupo 4 teve aumento significativo em relação ao grupo 1 (referência).

Após sete dias da aplicação do composto no solo incubado, foram coletadas novas amostras e realizado o procedimento de contagem de colônias, chegando aos seguintes resultados conforme demonstra o gráfico 03.

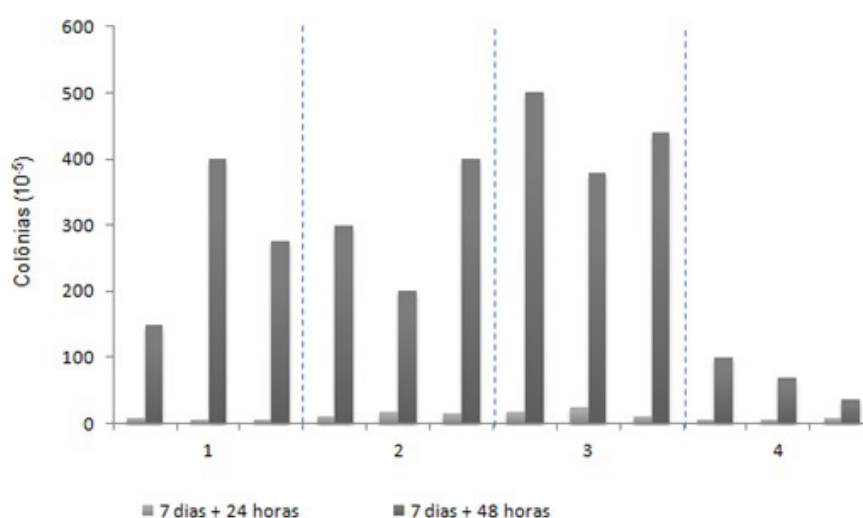


Gráfico 03. Evolução das populações microbianas em comparação ao grupo de referência após 7 dias + 24 horas e 7 dias + 48 horas após adição do composto.

O gráfico 03 faz a média de crescimento das colônias de microrganismos em relação à amostra de referência do grupo 1 após 7 dias mais 24 e 48 horas de adição do vinhaça e cinza de caldeira tratados por processo n-viro.

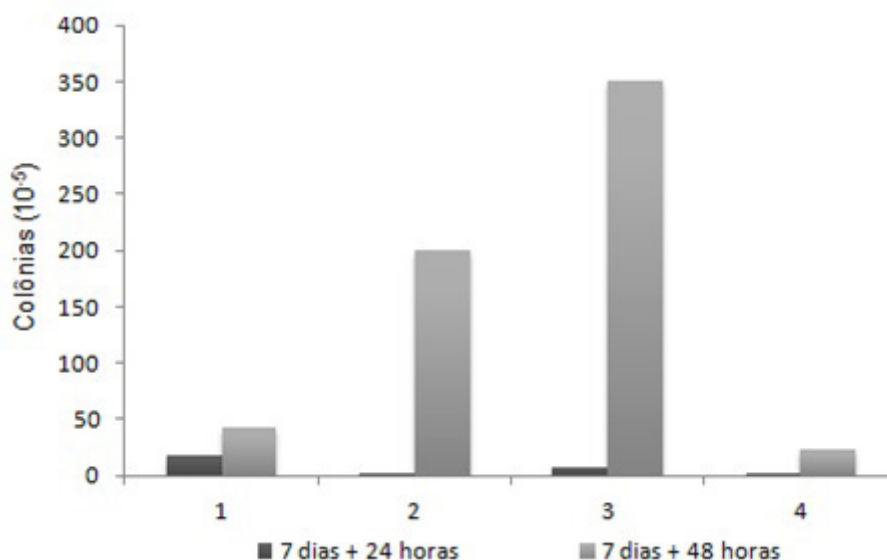


Gráfico 04. Evolução das populações microbianas em comparação ao grupo de referência após 7 dias + 24 horas e 7 dias + 48 horas após adição do composto.

Passados 7 dias de incubação foram coletadas novas amostras dos solos e realizados os procedimentos de incubação. Observa-se que o grupo 2 apresentou um maior crescimento em 48 horas, sendo que o pico de crescimento dos microrganismos pode-se observar no grupo 3.

Conclui-se que o grupo 3, onde foram aplicados 20 g/kg do vinhaça e cinza de caldeira tratados por processo n-viro foi o que melhor se desenvolveu, passados 7 dias de incubação. O grupo 2, que recebeu 10 g/kg de composto teve um leve crescimento das colônias de microrganismos, porém, ao se observar o grupo 4, que recebeu a maior quantidade de composto, 30 g/kg, tivemos uma queda acentuada do crescimento das colônias de microrganismos, onde em algumas das repetições, ocorreu a extinção das colônias, o que demonstra ser necessária uma avaliação prévia da interação entre as diferentes doses de vinhaça e cinza de caldeira tratados por processo n-viro aplicadas no solo e sua relação nas populações microbianas existente nas amostras de solos.

Segundo estudo realizado por Lyra (2008), onde foram feitas aplicações dos resíduos in natura, observou-se que a contagem dos microrganismos heterotróficos do solo demonstrou predominância de bactérias em relação aos fungos, demonstrando uma eficiência de quase 80%, onde observou-se também que a fertirrigação com vinhaça in natura se mostrou superior em termos de produtividade quando comparada com a vinhaça tratada, bem como na aplicação dos demais resíduos da produção sucroalcooleira, o que, em comparação com o estudo acima apresentado existe uma queda acentuada no crescimento das colônias de microrganismos, ou até mesmo a inexistência dela. Desta forma faz-se necessário um maior aprofundamento nos estudos da aplicação de vinhaça e cinza tratados por processo N-viro com relação à fertilidade do solo.

Referências Bibliográficas

AGEITEC- Agencia Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT00fwuzxobq02wyiv807fi-

qu9mw1rx0t.html>. Acesso em 18 de novembro de 2015.

BARROS, R. P. de. **Diversidade de fungos em um vertissolo com adição de vinhaça na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*)**. Revista Uniabeu, v. 5, n. 10, p. 181-196, 2012.

CARTER, Mr.; RENNIE, D.A. **Changes in soil quality under zero tillage farming systems: distribution of microbial biomass and mineralizable C and N potentials**. Canadian Journal of Soil Science, v. 62, p. 588-598, 1982.

GASPAROTTO, F.; RODRIGUES, F. da S.; SERATTO, C. D.; COSTA, T. R. (Org.). CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ Núcleo de Educação a Distância. **Cadeias produtivas da cana-de-açúcar, do algodão e de frutas**. Reimpressão revista e atualizada, Maringá - Pr, 2014. 219 p.

GIACHINI, C. F.; FERRAZ, M. V. **Benefícios da utilização de vinhaça em terras de plantio de cana-de-açúcar. Revisão de literatura**. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, ano VII, n.15, p.1-5, 2009.

GLÓRIA, Nadir Almeida da, et al.. **Proposta da dosagem de vinhaça a ser aplicada anualmente em solos agrícolas**. AGROSERV, Piracicaba São Paulo, 2003.

GURGEL, M. N. A. **Tecnologia para aproveitamento de resíduos da agroindústria sucroalcooleira como biofertilizante organomineral granulado**. Tese de Doutorado (Universidade Estadual de Campinas / Faculdade de Engenharia Agrícola). Campinas: SP, 2012.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico em: <<http://www.ipardes.gov.br>>. Acesso em 27 de novembro de 2015.

LOGAN, T.J. & HARRISON, B.J. **Physical characteristics of alkaline stabilized sewage sludge (N-Viro soil) and their effects on soil physical properties**. J. Environ. Qual. 24:153- 164. 1995.

LUCCCHESI, L.A.C.; LACERDA, A.C.; PORTUGAL, S.A.S.; SALVADOR, J.T. Curitiba: **Reciclagem agrícola de lodos de esgoto tratados pelo Processo N-Viro**. In: ICTR 2004 - Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, 2004, Florianópolis. Anais... do Congresso Brasileiro de Ciencia e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, 2004. cd-rom.

LYRA, Marília Regina Costa Castro. **Estudo comparativo da aplicação de vinhaça tratada e in natura em solos sob cultivo de cana-de-açúcar**. – Recife. 2008.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. **Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 35, n. 3, p. 1177-1182, 2000.

N-VIRO. **N-Viro interntional**. Disponível em: <<http://www.nviro.com/technology.html>>. Acessado em 16 de maio de 2016.

NIGRO, F.; SZWARC, A. **O etanol como combustível**. In: SOUSA, E. L. L. de; MACEDO, I. de C. (Org.). Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010. cap. 6, p. 154-189

OUTWATER, A.B. **Lime-stabilized sludge**. p.101-111. In: OUTWATER, A.B. Reuse of sludge and minor wastewater residuals. Lewis Publishers, Boca Raton, 1994.

PINTO, M.T. **Higienização de lodos**. p.261-297. In: ANDREOLI, C.V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. Lodo de esgoto: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Eng. Sanitária e Ambiental – UFMG; SANEPAR, 2001. 484p.

PREISLER, M. **Biossólidos de suíno tratados pelo “Processo de estabilização alcalina com secagem acelerada” e sua influencia nos atributos químicos de um cambissolo e na produtividade de milho**. Dissertação de Mestrado. Curitiba, 2002. UFPR. 140p.

RAIJ, B.VON. **Uso agrícola de biossólidos**. pp.147-151. In: ABES/SANEPAR. I Seminário sobre gerenciamento de biossólidos do mercosul. Anais... 01 a 04 de dezembro de 1998, Curitiba, PR. SANEPAR, ABES. 1998. 326p.

SALVADOR, J.T. **Alterações de atributos químicos de um cambissolo e resposta de milho sob plantio direto frente à aplicação superficial de biossólido urbano tratado alcalinamente**. Dissertação de Mestrado. UFPR. Curitiba, PR. 2002.

SHIKIDA, P.F.A.; MARTINS, J. P.; SOUZA, E. C.; **Matriz de capacidades tecnológicas da agroindústria canavieira do Paraná**. In: XLIII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2005, Ribeirão Preto – SP

SLOAN, J.J.; BASTA, N.T. **Remediation of acid soils by using alkaline biosolids**. J. Environ. Qual. 24:1097-1103, 1995.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA. **Produção de cana-de-açúcar no Brasil**. 2009. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acessado em 16 de maio de 2016.

YAMAKAWA, I. **Effects of aging on leachate characteristics of alkaline stabilized biosolids**. Tese de doutorado. Ohio State University. p.160. 1999.

WADT, L.C. **Cultivo de Pleurotus ssp em vinhaça visando a produção de biomassa e exopolissacarídeos**. 2008, Dissertação (Mestrado em Biologia na Agricultura e Ambiente), Universidade de São Paulo). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2008.

PROTÓTIPO DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA DE BAIXO CUSTO PARA MINIMIZAR CONSUMO DE RECURSOS HÍDRICOS

**Rafael Benedito Silva Bom Despacho
Gilvani Alves
Edgar Nascimento
Leila Maria Lazari
Milena Filippo Batista**

Resumo

O trabalho avalia que no estado de Mato Grosso, a forma de irrigação utilizada por produtores em pequenas e grandes áreas, apresenta desperdício hídrico desde o manejo até o momento de aplicação da irrigação. Assim buscamos a construção de um protótipo onde pudéssemos reproduzir o ambiente de irrigação e a utilização da plataforma computacional Arduíno, que age como um controlador automático para o controle de fluxo de água. O seu objetivo é impedir que a área a ser irrigada fique por longos períodos sem receber água ou recebendo grandes quantidades desnecessariamente. O grande objetivo do trabalho é de cunho acadêmico no IFMT- Bela Vista para os alunos do Curso de ensino médio em Meio ambiente, demonstrando aos alunos uma opção de controle de fluxo de água, aliado a tecnologia, com baixo custo de investimento e uma linguagem de programação acessível a todos os alunos do curso. Nos gráficos podemos identificar que há o controle da taxa de umidade ao longo do período estudo e assim acreditamos que também possa ser aplicado nas áreas de cultivo no Estado de Mato Grosso.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Arduíno; Protótipo didático; Automação.

Abstract

The study evaluates the state of the Mato Grosso, the form of irrigation used by producers in small and large areas, presents water waste since management until the time of application of irrigation. So we seek to build a prototype where we could reproduce the irrigation and environment, using the computing platform Arduino. It acts as an automatic controller for the fast-flowing water control. The goal is to prevent the area to be irrigated stay for long periods without receiving water or receiving large amounts unnecessarily. Great objective is the academic nature of IFMT-Bela Vista to demonstrate the student with a water flow control option, combined with technology, with low investment cost and accessible programming language to all students of the courses. In the graphs we can identify that there is moisture control rate over the study period and so we believe that it can also be applied in farming areas in the state of Mato Grosso.

Keywords: Sustainability; Arduino; Didactic prototype; Automation.

1. Introdução

A irrigação é uma técnica que foi desenvolvida para suprir as necessidades hídricas das culturas devido à falta de água ou a má distribuição de água das chuvas. A prática de irrigação possibilita a colheita até três vezes ao ano dependendo da cultura a ser utilizada, o rendimento produtivo chega a ser 97% se bem utilizada sendo assim um grande atrativo para investimento (RODRIGUES, 2012). Entretanto, um grande número de produtores ainda se utiliza de técnicas milenares de irrigação, técnicas que são eficazes, porém ineficientes quanto ao controle do volume de água disperso no solo. Algumas culturas exigem irrigação adequada, pois exigem nível adequado de umidade aos diferentes tipos de terrenos, para proporcionar uma produção elevada da colheita com maiores lucros.

Porém, um dos fatores que dificulta a produção agrícola é o controle da irrigação nos canteiros de modo a garantir que tenham um percentual mínimo de umidade no solo, pois a falta de hidratação leva a perda de produtividade e o excesso aumenta os custos de produção (MAROUELLI, 2002). Assim, o uso da irrigação automatizada garante que as culturas sejam irrigadas em dias e horários pré-programados, com a duração necessária com o objetivo de atender as especificidades de cada área e cada tipo de cultura (NETO, 2001).

Este trabalho busca avaliar uma técnica de irrigação automatizada e de baixo custo, acessível aos pequenos produtores rurais, e que permita otimizar os processos de necessidade hídrica da planta. Atualmente, existem diversos métodos de irrigação utilizados em nossa região, sendo os principais o método por superfície, o método por aspersão e a irrigação localizada.

Foi utilizado o método de irrigação por aspersão em conjunto ao controle automatizado pelo Arduino, que é um controlador eletrônico de baixo custo, flexível e fácil (BANZI, 2014). Um protótipo para fins educacionais será construído, para despertar o interesse nos estudantes das respectivas matérias relacionadas ao assunto sustentabilidade.

1.1 A irrigação no estado de Mato Grosso

No Estado de Mato Grosso, apesar de a distribuição das chuvas ser favorável, propiciando maior produtividade, o problema do estresse hídrico não pode deixar de ser considerado. Por isso, é importante conhecer as vantagens da irrigação por aspersão (STONE, 2006).

Este estado é o maior produtor de grãos do país e sua produção agrícola é caracterizada pelo cultivo de algodão, soja, milho, feijão, arroz, trigo, capim e oleícolas. Primavera do Leste é o município que possui maior área irrigada da região, sendo assim, considerada o berço e pólo da irrigação no estado. A irrigação nas áreas produtoras do município é feita por pivôs, que de maneira precisa, distribui quantidade necessária de água e fertilizante em cada cultura. Este tipo de irrigação é indicado para o cultivo de grandes lavouras (feijão, milho, soja, cana).

É grande o número de pequenos agricultores que produzem pequenas culturas, a destacar-se às de hortaliças, que em algumas situações, ainda são utilizadas as técnicas primitivas de cultivo, mas com o avanço tecnológico surgiram diferentes sistemas de irrigação que podem ser utilizados na produção de hortaliças como o superficial, subsuperficial, aspersão e localizado, e a escolha do sistema deve ser baseada na análise dos fatores físicos, agronômicos, sociais e econômicos (MAROUELLI, 2011).

1.2 Materiais e Métodos

O primeiro e principal componente do protótipo é o Arduino Uno R3, uma plataforma com-

putacional de código aberto que tem como principal característica a simplicidade do uso (BANZI, 2011), é um micro controlador que dispõe de 14 pinos digitais de entrada/saída, 6 entradas analógicas, um cristal de quartzo de 16 MHz, conexão USB, um cabeçalho ICPS e um botão de reset, contém tudo o que é necessário para operar um micro controlador, basta apenas conectá-lo a um computador com cabo USB ou ligá-lo com um adaptador AC CC ou bateria para começar. Pode-se usá-lo sem muita preocupação, pois esse hardware é de baixo custo e, em caso de problema, basta substituí-lo.

Sua criação iniciou-se na cidade de Ivrea, Itália, em 2005, quando estudantes de um curso de Design de Interação, entre eles Massimo Banzi, utilizavam em laboratórios do curso, equipamentos complexos e de alto custo, então resolveram desenvolver uma alternativa de baixo custo ao hardware, com o intuito de interagir em projetos escolares de forma a ter um orçamento menor que outros sistemas de prototipagem disponíveis naquela época (LEMOS, 2013).

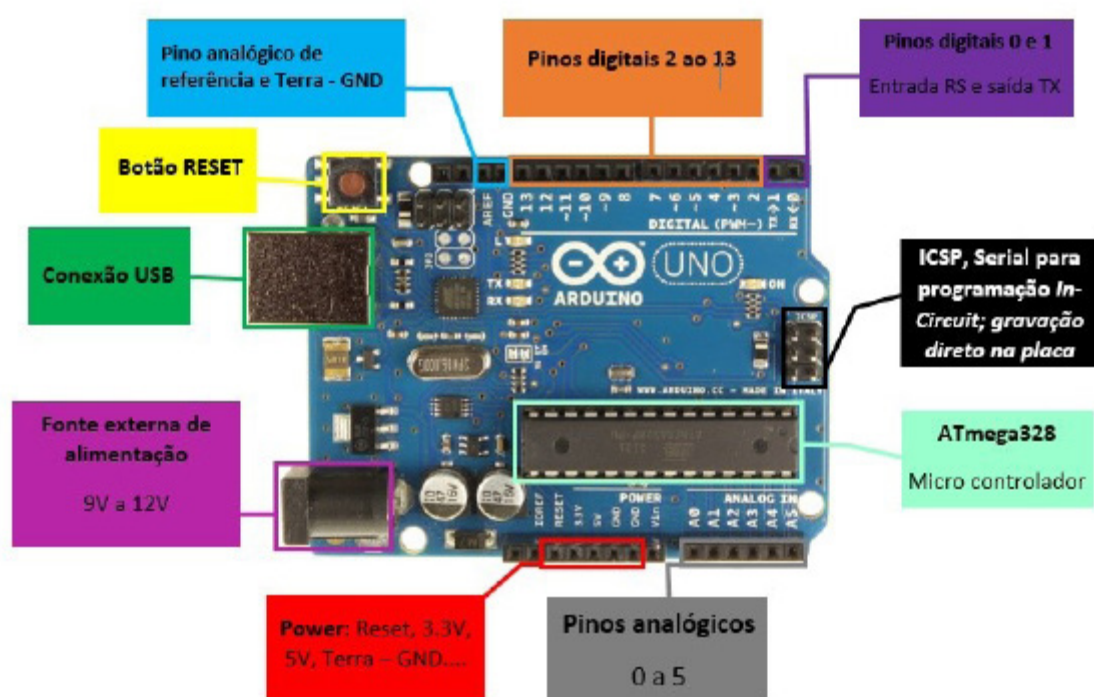


Figura 1 - Esquema de componentes do Arduino. (Fonte: Adaptado do autor)

O próximo componente é o sensor de umidade do solo que tem por objetivo detectar as variações de umidade no solo, quando o solo estiver seco, a impedância será alta e o driver mostrará um valor alto na saída e, quando o solo estiver encharcado, será mostrado um valor baixo na saída. (MORAES, 2013).

Para interligar os componentes foi utilizada uma protoboard, uma base com centenas de furos e conexões condutoras para montagem experimental de circuitos eletrônicos, que não necessita de soldagens. (ARAÚJO, 2014).

O atuador utilizado foi uma bomba de combustíveis cuja sua função é deslocar a água, que está no reservatório, para o sistema de irrigação, quando for acionada pelo Arduino.

Os valores aferidos e a situação do solo são mostrados ao usuário através de um display LCD 16X2, uma interface de saída muito útil em sistemas micro processados (BARBACENA, 1996).

O módulo Relé 5V com 2 canais foi usado para ativação da bomba através da bateria 12v, é

um módulo compacto e de qualidade para projetos com Arduíno e outros controladores.

Como este componente pode-se controlar tensões e correntes maiores por meio de tensões e correntes menores de outro circuito

O aprendizado de conceitos relacionados à tecnologia da educação - T.I, como informática, computação e áreas afins, dentre elas a programação, matérias que mais reprovam alunos dentre as exatas, exige conhecimento do aluno e domínio de habilidades específicas à abstração e ao raciocínio lógico, aptidões pouco exploradas no ensino médio (SANTOS, 2015).

A utilização do Arduíno no processo de ensino facilita a aprendizagem, pois assim há a interação dos alunos com a prática. Em pesquisas realizadas, essa metodologia combinou recursos de programação visual e a utilização do Arduíno, sensores de fácil aplicação, que atuaram facilitando esse processo e visando manter os interesses dos alunos, além da satisfação do estudo do desenvolvimento de algoritmos

1.3 A justificativa em escolher um protótipo

A ideia de utilização do Arduíno na automatização da irrigação surgiu com o objetivo de atingir os pequenos produtores agrícolas e residências ou condomínios que possuam pequenas áreas verdes (como hortas e jardins), pois a instalação é de baixo custo e não exige um conhecimento prévio sobre eletrônica ou programação. Apesar de ser um meio de utilização barato, o Arduíno supre a necessidade da utilização da mão de obra braçal, não necessitando a utilização de um trabalhador para ficar responsável em ligar e desligar o sistema de irrigação. O que normalmente acontece no campo é a falta de perícia ou atenção do trabalhador no controle deste sistema e assim pode apresentar áreas com pouca hidratação ou excesso de hidratação. O controlador regula esses e outros problemas e assim aumenta a produtividade e aperfeiçoa o uso da mão de obra de uma maneira racional e sustentável para o meio ambiente com o controle do desperdício da água.

2. Metodologia:

2.1 A montagem do experimento

O projeto foi iniciado com a elaboração e com a construção de um protótipo em escala reduzida e controlado eletronicamente que teve o objetivo de representar uma área de cultura com fácil controle das variáveis do experimento, representado na figura 2.

Assim podemos ter um estudo de caso que permite ser apresentado aos alunos dos cursos de Meio Ambiente e Gestão Ambiental, do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) do Campus Cuiabá – Bela Vista.



Figura 2 – Protótipo criado em laboratório

Inicialmente foi feito um levantamento dos componentes necessários para elaboração do projeto e a construção do algoritmo de fácil compreensão. O experimento simula uma horta automatizada em um solo com diversos níveis de hidratação. Foi construído reservatório de água com garrafa PET, onde foi inserida a bomba, e foi colocado, em um recipiente menor, um solo do tipo arenoso, também chamado de solo leve, pois possui uma textura leve e granulosa com 70% da sua composição de areia, e em menor parte por argila e facilitando a passagem de água (TODA MATÉRIA, 2016), nele foi inserido o sensor de umidade de solo tipo higrômetro, uma bomba de combustíveis como atuador, uma placa protoboard de 830 pontos para interligar os componentes, além do Arduino Uno R3 e uma fonte de alimentação universal com 9 volts.

O sensor de umidade do solo, afere a umidade do solo fazendo uma leitura de 3 em 3 segundos e armazenando os dados em arquivo e também apresentando em um display de LCD 16x2. Caso seja observada uma baixa umidade, o Arduino aciona a bomba d'água para a irrigação do terreno. O sensor continua a fazer as leituras de umidade e observa pelo algoritmo se há muita hidratação, desta forma o Arduino ativa o desligamento da bomba impedindo o desperdício de água.

O sistema é mantido integrado ao controle total do fator umidade deste solo garantindo níveis aceitáveis de hidratação do solo permitindo assim um aumento de produtividade da área

plantada.

2.2 O circuito

Apesar de ser utilizado o Arduino Mega no protótipo, o esquema é o mesmo e pode ser utilizado em qualquer outro tipo de plataforma Arduino, como o UNO R3.

De início, foi conectado o sensor de umidade do solo Higrômetro da respectiva forma: Pino VCC do sensor no 5V do Arduino, pino A0 do sensor na porta analógica A0 do Arduino e pino GND do sensor na porta GND do Arduino.

Com o sensor ligado, foi feita a montagem da ligação da bomba através da bateria 12V por um módulo relé. Conectou-se o pino negativo da bomba, no pólo negativo da bateria, o pino positivo da bomba foi ligado diretamente ao relé, assim como o pólo positivo da bateria. A saída GND do Módulo relé foi ligada à porta GND do Arduino, a saída VCC do módulo relé foi ligada à porta 5V do Arduino e o pino IN1 do módulo relé foi ligado a porta digital 13 do Arduino para que fosse feito o controle.

Por último, foi instalado um display LCD 16x2 e juntamente um potenciômetro, utilizado para regulagem do contraste do texto mostrado, para mostrar os valores obtidos pelo higrômetro, e a situação do solo. O esquema das ligações pode ser conferido na figura 3.

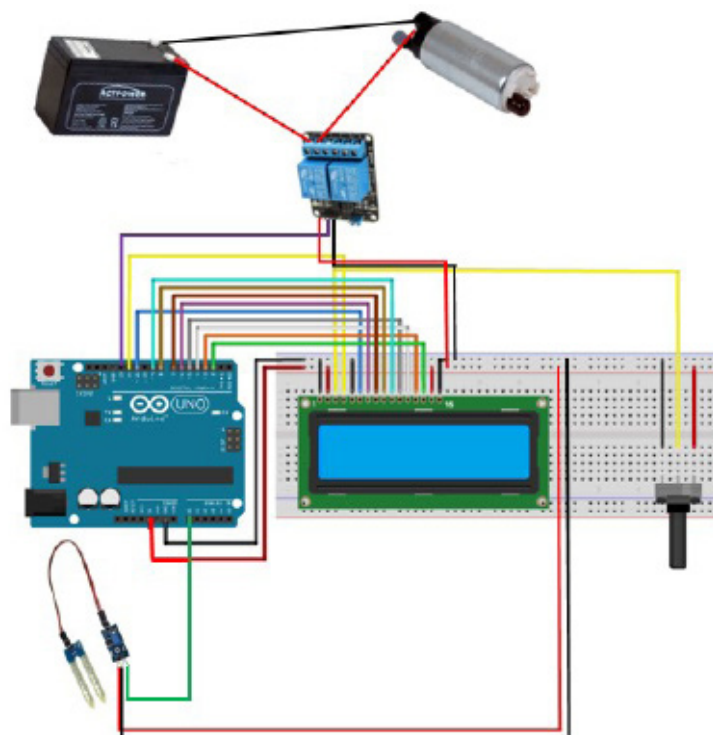


Figura 3 - Esquema de ligações. (Fonte: Adaptado do autor)

As situações do solo foram classificadas de acordo com os valores lidos como: SOLO SECO, SOLO UMIDO, SOLO SUPER UMIDO e SUBMERSO, os respectivos valores de cada determinação para o solo estão relacionados na tabela 1.

Tabela 1 - Determinações do solo

SOLO	VALORES DO SENSOR DE SOLO
SOLO SECO	>950
SOLO ÚMIDO	>700 & <=950
SOLO SUPER ÚMIDO	>300 & <=700
SUBMERSO	<=300

Depois de pronto o processo de montagem dos componentes e as ligações todas feitas, foi implementado um código, algoritmo programado em linguagem de programação C.

O circuito é alimentado por uma fonte de corrente contínua, e o sinal de saída do sensor é conectado às entradas analógicas do micro controlador, que torna o valor medido disponível ao usuário.

2.3 A construção do Algoritmo

Foi elaborado através do Ambiente de Desenvolvimento Integrado - IDE do próprio Arduino. A lógica ocorre da seguinte maneira:

- O micro controlador inicia o sistema, as variáveis são definidas. De acordo com os parâmetros iniciais escolhidos pelo programador, ele inicia os valores de controle de umidade;
- É realizada a leitura dos sensores, e é comparada com os valores parametrizados pelo usuário;
- De acordo com a comparação dos dados, o Arduino age sobre os atuadores ativando-os ou desligando-os; e
- Todo o procedimento é reiniciado depois do fim de um tempo estipulado pelo programador.

2.4 A leitura dos resultados

As variáveis coletadas foram armazenadas em uma tabela. Os intervalos de coleta do nível de umidade foram de 3 segundos, em um período de 3 dias. Pela amostra dos dados foi possível obter os gráficos apresentados nas figuras 1, 2 e 3.



Gráfico referente ao 1º dia de coleta – 1



Gráfico referente ao 2º dia de coleta – 2

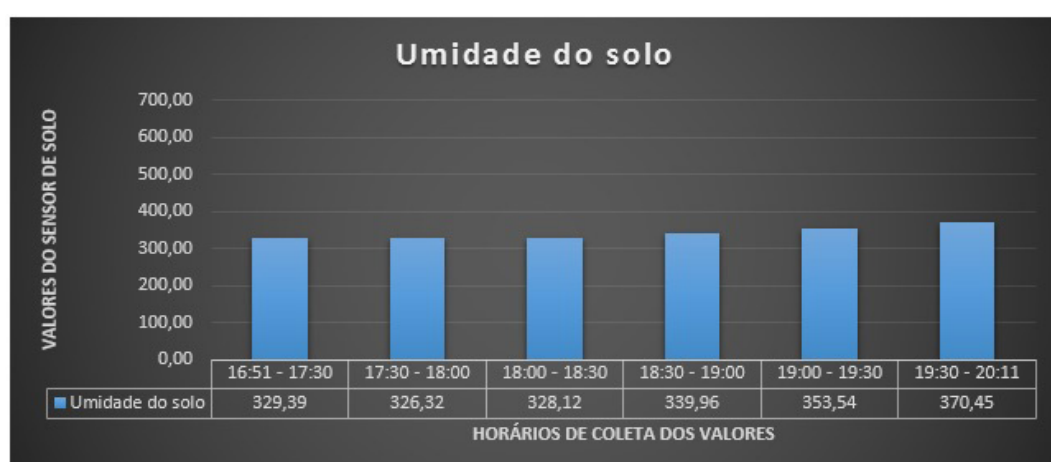


Gráfico referente ao 3º dia de coleta – 3

Como pode ser observado nos gráficos, os valores têm bastante variação no primeiro dia, ou seja, bastante variação da umidade do solo, mas no segundo e terceiro dia esses valores são crescentes, em outras palavras, a umidade diminui gradativamente no segundo e terceiro dia, diferentes do primeiro dia, em que a umidade oscila.

Através desses valores obtidos, é possível monitorar qual é a situação do solo em tempo real, o momento em que a bomba entrou em funcionamento, e a diferença dos valores da umidade do solo antes e depois de sofrer a irrigação, tendo controle do ambiente e excluindo a necessidade de preocupação de irrigar e da utilização em excesso da água, favorecendo assim ao uso sustentável do meio sem muitos custos e de maneira fácil.

3. Considerações finais

Com a utilização do protótipo de irrigação automatizada obtém-se a diminuição do risco de falta d'água, o aumento da produtividade e a qualidade dos produtos, podendo ser gerada mais de uma safra ao ano e, conseqüentemente, o aumento da rentabilidade. Há também a possibilidade de ser implantando em áreas de escassez hídrica, pois exclui a necessidade de grande quanti-

dade de água para atuar sobre as áreas que produzem em pequena ou grande escala e possibilita a utilização por produtores menores ou praticantes de agricultura de subsistência devido ao baixo custo de instalação.

Como sugestão de trabalhos futuros, em curto prazo, o protótipo será implantando em um ambiente real do IFMT – Campus Bela Vista, onde haverá, no mesmo, a interação dos alunos com seus professores das respectivas matérias relacionadas ao assunto. O objetivo da implantação é despertar, de forma prática, o interesse dos alunos em obterem conhecimentos relacionados ao curso, interagindo com o ambiente escolar e vivenciando o que é obtido dentro de sala de aula.

Referências Bibliográficas

ARDUÍNO. **Arduíno Uno R3: Reference Design**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno>> Acesso em: 27 abr. 2016

ARAÚJO, W. C. **MCE – Montagem de Circuitos Eletrônicos**, 2014. São Paulo – SP. Disponível em : <<http://www.ezuim.com/pdf/mce1.pdf>> Acesso em: 28 abr 2016

BANZI, M., et al.. **Arduíno**, 2014. Disponível em: <<http://arduino.cc>>

BANZI, M. **Primeiros passos com o Arduíno**, Novatec. 2011.

BARBACENA, I. L., FLEURY, C. A. **Display LCD**, 1996. Disponível em: <<ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/ea079/complementos/Lcd.pdf>> Acesso em: 28abr 2016

LEMO, M. **Arduíno: conheça esta plataforma de hardware livre e suas aplicações**, 2014 Disponível em: <<http://imasters.com.br/desenvolvimento/arduino-conheca-esta-plataforma-de-hardware-livre-e-suas-aplicacoes/?trace=1519021197&source=single>> Acesso em: 26 abr. 2016

MARQUELLI, W. A., SILVA, W. L. C., **Circular Técnica 2ª Edição- Seleção de sistemas para irrigação de hortaliças**, 2011. Brasília – DF. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/bbeletronica/2011/ct/ct_98.pdf> Acesso em: 27 abr. 2016

MORAES, M. **Sistema de irrigação**, 2013. Disponível em : <http://arduinobymyself.blogspot.com.br/2013_09_01_archive> Acesso em: 28abr 2016

NETO, J. G., **Irrigação automatizada para paisagismo**, 2001. Disponível em: <http://www.abid.org.br/arquivo/revista/revista_pdf/item_51.pdf> Acesso em: 28abr 2016

PORTAL O MECANICO, 2015 Disponível em: <<http://omecanico.com.br/troca-de-bomba/>> Acesso em: 23 abr. 2016

PRODUTIVIDADE IRRIGAÇÃO. **Primavera do Leste – Berço e pólo da irrigação no estado de MT**, 2011. Disponível em :<<http://produtividademt.com.br/blog55>> Acesso em: 15 abr. 2016

RODRIGUES, L. G. **Tipos de irrigação**, 2012. Disponível em: <<http://irmea.blogspot.com.br/2012/04/tipos-de-irrigacao.html>> Acesso em: 28abr 2016.

SANTOS, A., et al. **A Importância do Fator Motivacional no Processo Ensino Aprendizagem de Algoritmos e Lógica de Programação para Alunos Repetentes**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Caicó, 2015.

STONE, L. F., SILVEIRA, P. M., MOREIRA, **Arvore do conhecimento – Arroz, Métodos de irriga-**

ção. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fo-h49q3602wyiv8065610d5y5f5im.html>> Acesso em: 27 abr. 2016.

TODA MATÉRIA. **Solo arenoso**, 2016. Disponível em: <<http://www.todamateria.com.br/solo-arenoso/>> Acesso em: 26 abr. 2016.

SUSTENTABILIDADE NA REGIÃO DO BAIXO JAGUARIBE: CARACTERIZAÇÃO TIPOLÓGICAS DOS MINERAIS CLASSE DOIS

Petronio Silva de Oliveira
Adriano Cavalcante de Sousa
Anderson Santos Couto
Ulisses Costa Oliveira
Vagner Sales dos Santos

Resumo

A pesquisa foi realizada em uma área de 48,76 hectares, localizada no Baixo Jaguaribe região leste do Estado do Ceará. O trabalho consistiu na caracterização tecnológica das argilas para determinação dos parâmetros industriais como volume e qualidade. Geologicamente faz parte dos depósitos aluvionares de idade terciária e quaternária. As definições das propriedades físicas das argilas no seu estado natural foram caracterizadas diretamente em campo, visando estabelecer o grau de plasticidade, textura, no que se refere à coesão entre partículas de areia, silte e argila, e cor, que caracteriza as propriedades mineralógicas como impurezas (quartzo, mica, óxido de ferro, carbonatos e matéria orgânica). Após secagem, são novamente levadas ao moinho de bolas. Os pós de argilas obtidos foram identificados, armazenados e encaminhados para análise de Raios-X. Este estudo também utilizou como ferramenta a modelagem geológica com o software Surpac 6.2, na geração de modelos do sólido mineralizado, interpretado em 3D (eixos ortogonais x, y, z). As informações usadas foram de furos de sondagens, e o programa de banco de dados foi o Microsoft Access 2000. A caracterização química foi realizada através do uso de FRX. Toda a seleção do material foi dividida em duas etapas: 1ª etapa: sondagem de doze furos para determinação do volume, em função da profundidade e coordenadas geográficas, associadas a litologia, estabelecendo um modelo de blocos. Esse método foi utilizado para a quantificação em termos de toneladas (t), demonstrarão uma facilidade na obtenção de peças com coloração avermelhada em patamares de queima com temperaturas menores. Entretanto, não são indicadas para utilização em cerâmicas aparentes ou telhas em áreas com alto índice de ataque de maresia, pois desta forma a reação do óxido de ferro pode provocar a formação de patologias nas peças a médio-longo prazo. A análise difratométrica identificou: montmorillonite, illite, quartzo, muscovite, kaolinite, nontronite.

Palavras-chave: Difractometria. Sustentabilidade; Argila.

Abstract

The area of this work has 48,76 hectares, located on Lower Jaguaribe, eastern region of Ceará State. The work consisted on clay technological characterization for industrial parameters determination such as volume and quality. Geologically is part of tertiary and quaternary age alluvial deposits. The definition of clays physical properties in its natural state were characterized directly in field, aiming to establish plasticity degree, texture, regarding to cohesion between sand, silt and clay particles, and color, featuring mineralogical properties as impurities (quartz, mica, iron oxide, carbonates and organic matter). After drying, are again taken to ball. The obtained clay powders were identified, stored and forwarded to X-Ray analysis. This study also used as a tool the geological modeling with Surpac 6.2 software, to generate models of the mineralized solid, interpreted in 3D (orthogonal axes x,y,z). The used data were from boreholes and the database program was Microsoft Access 2000. The chemical characterization was performed by using XRF (X-Ray fluorescence). The entire material selection was divided into two stages: 1st stage - twelve boreholes for bulk determination by depth. 2nd stage - geographical coordinates associated with lithology, setting a block model. This method was utilized for quantification in terms of tones (t). The highest iron oxide ferro, demonstrating an ease in obtaining reddish coloration pieces in lower firing temperatures levels. However, are not indicated for use in exposed ceramics or tiles in areas with high sea spray attack, because the iron oxide reaction can cause pathologies in pieces in medium-long term. The diffractometer analysis used to identify: montmorillonite, illite, quartz, muscovite, kaolinite, nontronite.

Keywords: Diffraction; Sustainability; Clay.

1. Introdução

O uso da argila na confecção de blocos, pisos e telhas é realizado pelo seguimento industrial denominado cerâmica vermelha, sendo este uso mais tradicional tendo em vista que a fabricação de blocos cerâmicos já era realizada destes os tempos remotos de nossa civilização. Na indústria o uso dela pode ser feito nos mais diversos segmentos como na petroquímica, podendo ser utilizada na produção de gasolina e também como decorante de óleo. Na indústria farmacêutica é usada na confecção de peças e segmentos constituintes dos itens necessários para fabricação de veículos automotores, entre as principais.

Entretanto o uso mais antigo e tradicional que se tem registro é na confecção de artefatos e peças cerâmicas, palavra de origem grega *Keramos* que significa argila queimada. Aproximadamente 20.000 anos a.C., a argila já era utilizada com este fim, conforme registros arqueológicos como é caso da Vênus de Willendorf encontrada na Áustria, (OLIVEIRA; 2006).

A base deste trabalho está na determinação dos parâmetros industriais das argilas uma vez que não há trabalhos na região voltados para quantificar e avaliar as qualidades físicas e químicas das argilas inseridas na Planície de Inundação do Baixo Jaguaribe, onde se encontram centenas de cerâmicas já instaladas e em funcionamento na região do Apodi. As pesquisas diretas visaram melhor conhecer o volume e a qualidade da argila, que vão permitir aos ceramistas o direcionamento e planejamento na extração, evitando assim uma lavra ambiciosa, deixando de aproveitar todo o pacote argiloso no processo produtivo bem como evitar degradação ambiental.

Estão aqui descritas as atividades desenvolvidas no decorrer da pesquisa mineral, resultantes de estudos bibliográficos e geológicos de campo, objetivando a quantificação em tonelagem bem como os teores expresso pelos componentes químicos das argilas, para melhor definir os valores econômicos das reservas.

O trabalho consistiu na caracterização tecnológica das argilas para determinação dos parâmetros industriais como volume e qualidade localizada na cidade de Jaguaruana no Baixo Jaguaribe.

2. Clima e hidrografia como referência de formação rochosa

Segundo RadamBrasil, (1991) a área pesquisada está inserida numa Região caracterizada por um clima tropical chuvoso, quente e úmido, com regime pluviométrico com chuvas no verão e máximas no outono, com precipitação média anual de 857,7 mm.

No âmbito da área em estudo se destaca a Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe, abrigando inúmeros outros riachos e córregos, onde todos secam totalmente no período da estiagem que se verifica no período de junho a dezembro. De acordo com a matriz de determinação numérica, o potencial hidrológico é fraco, salvo nas regiões fraturadas (RADAMBRASIL, 1981).

3. Solos e Vegetação na formação do relevo

Nas regiões semiáridas os solos são ricos do ponto de vista químico, porém poucos espessos. As formações florísticas que se distribui praticamente em toda a área estão representadas pela caatinga hipoxerófila. A mata de tabuleiro é uma característica vegetal presente nos terrenos planos e suavemente ondulados (RADAMBRASIL, 1981).

SOUZA (1995), identifica cinco unidades morfológicas bem diferenciadas, onde à área objeto deste trabalho, se enquadra geomorfologicamente em planícies de inundações dos rios Jaguaribe e Banabuiú, circunvizinhada pelos tabuleiros pré-litorâneos e pela Chapada do Apodi.

Os rios constituem os agentes mais importantes no transporte dos materiais intemperizados das áreas elevadas para as mais baixas e dos continentes para o mar. Sua importância é capital entre todos os processos morfogenéticos (CRISTOFOLETTI, 1980).

A água que escoar sobre a terra é responsável pelo transporte de 85% a 90% dos sedimentos marinhos (SALGADO-LABORIAU, 1994). Dessa forma, pode-se imaginar então como tem sido a transformação dos continentes, no decorrer do tempo geológico, a partir dos processos exodinâmicos realizando o incessante trabalho de erodir, transportar e depositar material, rebaixando áreas elevadas e entulhando vales e depressões.

Fatores morfogenéticos explicam a gênese do relevo e sua evolução. Primeiro os fatores estruturais, nos quais estão calcados os grandes domínios morfoestruturais que formam o substrato da paisagem e segundo, os fatores climáticos responsáveis pela diversificação fitogeográfica na evolução do relevo (MOREIRA, 1977).

No Estado do Ceará, o relevo comporta características que dependem da influência de um conjunto de fatores, dentre os quais as condições geológico estruturais, paleoclimáticas e a dinâmica geomorfogenética atual são os mais destacáveis (SOUZA, 1981).

A importância dos fatores estruturais e sua configuração no estudo da origem e evolução da planície aluvial do Baixo Jaguaribe, justifica-se em função da natureza do substrato cristalino impermeável que imprime no regime hidrológico um comportamento marcado pela quase totalidade da permanência da água em superfície. O clima semi-árido, marcado pelas variações de umidade e secura durante o ano, ligado a uma precária capacidade de proteção da superfície por parte das caatingas, fortalece o desempenho erosivo do escoamento superficial durante a estação chuvosa, tornando-se mais ativo com as chuvas iniciais quando caem pesados aguaceiros. Acompanhando o caimento topográfico, as chuvas torrenciais dão origem ao escoamento superficial difuso. Mobilizam-se assim, os detritos derivados da desagregação mecânica, através de um processo seletivo oriundo da competência do agente. O material grosseiro permanece na periferia dos relevos residuais, enquanto os clásticos finos são mobilizados a uma distância maior. Justifica-se assim, o adelgaçamento do manto de alteração das rochas, além da elevada frequência de lajedos e de chãos pedregosos (SOUZA, 2000).

Dessa forma, ao ser drenada para as partes mais baixas do relevo, a água coloca em evidência seu trabalho degradacional e agradacional conforme apresentada na Figura 1, como agente definidor da evolução das paisagens onde sua presença é percebida.

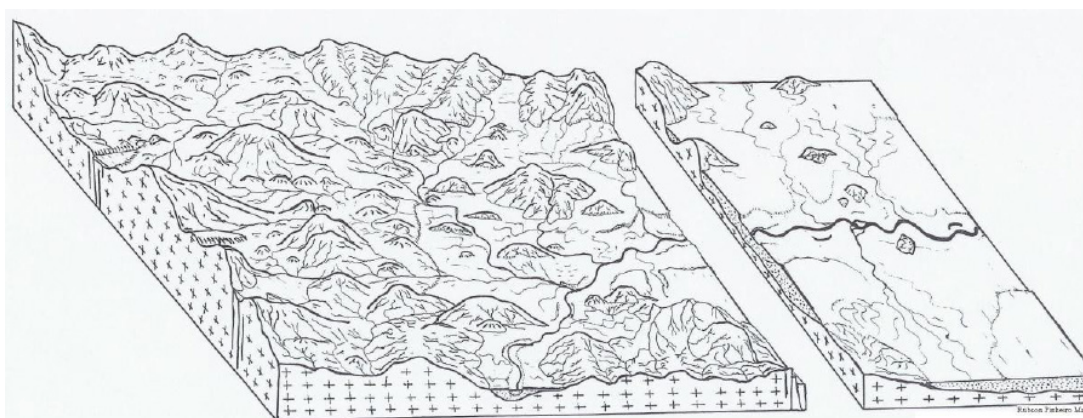


Figura 1: Drenagem em regiões baixas do relevo. Fonte: Rubson, 2005

Formada por um substrato cristalino, o piso não só do relevo jaguaribano, mas da depressão sertaneja cearense como um todo, impõe uma drenagem marcada pelo adensamento de canais, tornando alto o poder erosivo em função do deflúvio apresentar-se completamente em superfície. Esse poder erosivo só não é maior em função das condições climáticas semi-áridas, que impõem intermitência aos rios.

Tal regime hidrológico caracteriza-se pela predominância do escoamento superficial que pode ser observado em quase todo espaço cearense no período chuvoso. O embasamento cristalino é marcado pela hegemonia de rochas pré-cambrianas que ocupam 2/3 do território, dispostas na área central do Estado, sendo circundadas internamente por bacias sedimentares paleo-mesozóicas e externamente pelos sedimentos terciário-quaternários da Formação Barreiras e litoral (SOUZA, 1988).

A relativa homogeneidade litológica dos núcleos cratônicos compreende áreas de estabilidade e impõem limites à erosão que fica submetida à morfogênese mecânica. A morfologia evolui por pediplanação produzindo vastas superfícies aplainadas, pontuadas eventualmente por inselbergs (SOUZA, 1981).

4. A dimensão da sustentabilidade econômica

A principal atividade econômica da região é a agricultura, ora com a hortifruticultura irrigada, para atender o mercado externo cultivo de melão, ora com culturas de subsistência de feijão, arroz, milho, mandioca, monocultura de algodão, banana, cana-de-açúcar e castanha de caju. A carcinicultura (criação de camarão) e apicultura (criação de abelhas) com finalidade de extração do mel e da cera, também geram bastante economia na região. Na pecuária extensiva destaca-se a criação de bovinos, ovinos, caprinos, suínos e aves.

O extrativismo vegetal se sobressai de madeiras diversas para lenha, construção de cercas e fabricação de carvão vegetal, além do desenvolvimento de atividades envolvendo empregos de materiais obtidos da carnaúba e oiticica conforme a Figura 2.



Figura 2: Carnaúbas

A mineração se destaca por meio da extração de argilas para fabricação de produtos cerâmicos, como telhas e tijolos, além de dispor de pequenas reservas de calcário, e áreas favoráveis a

extração de rochas ornamentais. A indústria cerâmica é uma atividade relevante para o desenvolvimento socioeconômico, pois é a principal fonte geradora de renda para grande maioria da população rural de baixo nível escolar, além de constituir uma importante fonte de receita tributária municipal. Os municípios de Jaguaruana e Russas apresentam o maiores números de cerâmicas (fig. 14) do Estado e detém 78% da produção de telhas, cujo nível de utilização da capacidade instalada das organizações do setor é, em média, 60%. Do produto interno bruto do município que girava em torno de R\$ 300 milhões em 2007, 20% se referiam ao valor adicionado pela indústria e teve representado aproximadamente 0,6 % do PIB cearense.

5. Geologia Regional

A área pesquisada integra a Província Borborema em seu setor norte, compreendendo a Região do Baixo curso do Rio Jaguaribe, onde este limita seu trajeto com a borda oeste da Bacia Potiguar. A Província Borborema compreende uma extensa região geológica do Brasil de idade Pré- Cambriana, caracterizada pela atuação de um intenso magmatismo granítico e de extensas zonas de cisalhamentos transcorrentes, resultado da atuação do Ciclo Brasileiro (ALMEIDA, 2000).

A configuração estrutural da área é marcada, como é comum no nordeste brasileiro, por falhas de direção E-W e NE-SW, dando-se destaque especial às falhas do Jaguaribe, que se estende do sul do Estado e adentra os depósitos sedimentares Cenozóicos do baixo curso do rio Jaguaribe. Nesse segmento, o curso fluvial é controlado por estruturas resultantes do falhamento em grande parte do seu trajeto.

6. Bacia do Jaguaribe

O processo intempérico do embasamento vem a forma leitos de argilas, Segundo a transição das águas desde o alto até o baixo do Jaguaribe, Geologicamente a sub-bacia do alto do Jaguaribe é constituída de rochas o embasamento cristalino pré-cambriano (81,28%), representado por gnaisses e migmatitos diversos quartzitos e metacalcários, associados a rochas plutônicas e metaplutônicas de composição predominantemente granítica. Sobre esses substratos repousam-se depósitos sedimentares (18,72%) como os da bacia sedimentar do Araripe constituída por arenitos, conglomerado, siltitos, folhelhos, calcários, margas e gipsita; das cobertas e idade terciária constituídas de areia, argilas e cascalhos e das quaternárias (Aluviais), Formadas por areias, siltes, e cascalho, que se distribuem ao longodos principais cursos d'água que drenam a sub-bacia.

Verifica-se, nesta sub-bacia a predominância de rochas do embasamento cristalino (88,56%) representadas por gnaisses e migmatitos diversos, associados a rocha plutônicas e metaplutônicas de composição predominantemente granítica, de idade Pré-cambriana. Sobre esse substrato, repousam os sedimentos (11,44%) cretáceos da Bacia Sedimentar do Apodi (Formações Açú e Jandaíra), Terciários do grupo barreiras coberturas do grupo terciário-quaternárias, que afloraram sob a forma de manchas esparsas, ao longo da região, e coberturas aluviais de idade quaternária, encontradas nos principais cursos d'água.

Na sub-bacia do baixo Jaguaribe Figura 3 observa um predomínio de rochas sedimentares (74,30%) que englobou as unidades litoestratigráficas: Grupo Apodi, representado pelas formações jandaíra (Calcários) e Açú (Folhelhos e arenitos finos a medios) sedimentos clásticos do grupo Barreiras (Formação Faceiras: conglomerados basais e indiviso: arenitos argilosos), dunas e paleodunas e aluviões. As rochas cristalinas (25,70%) ocupando a porção oeste da bacia estão inseridas no contexto geológico da Província Borborema, com unidades litológicas representadas pelo Grupo Orós, que é composto por micaxistos diversos e o complexo Jaguaretama, constituído de

ortognaisses migmatizados, granitos e tonalitos.



Figura 3: Baixo Jaguaribe

7. Diagênese e tipologia de argilas

As argilas tem origem devido às condições adequadas de topografia e da natureza da rocha matriz. São jazidas formadas pela ação da decomposição e desagregação da rocha em que tomam parte: água, oxigênio, anidrido carbônico e ácido orgânico.

Para caracterização tecnológica das argilas, através da determinação de seus parâmetros industriais, foram utilizadas no presente trabalho a fluorescência de raio x (FRX), e também testes de análises de difração de raio x. Determinando a composição química da matéria prima a fim de obter dados quantitativos.

Os argilominerais podem ser formados por processos diagenéticos, intempéricos e processos hidrotermais (SANTOS 1989).

Na área pesquisada e na Região do Baixo e Médio Jaguaribe ficaram bem caracterizadas pequenas mudanças no pacote estratigráfico de posicionamento horizontalizado, onde alterações químicas, físicas ou biológicas sofrida nos sedimentos após sua deposição inicial, durante e após a sua litificação, excluindo alterações superficiais e metamorfismo. Estas mudanças ocorreram à temperatura e pressões relativamente baixas, sem, contudo apresentarem alterações significativas na mineralogia e textura da rocha. Daí, a deposição do material em suspensão, mesmo após a fase de litificação, ainda constituírem a importância como matéria prima para fabricação de artefatos cerâmicos, mesmo após passar por um processo de diagênese de baixo grau.

A formação de argilominerías por diagênese constitui-se da alteração de sedimentos pela construção de novos minerais. Diagênese é restrito a ambientes sedimentares (OLLIER, 1969).

Os processos intempéricos consistem na quebra e alteração de materiais próximos à superfície da terra a produtos que estão em equilíbrio com as condições físico-químicas impostas recentemente (OLLIER, 1969). Através dos processos intempéricos, minerais primários, constituintes das rochas, são decompostas, liberando substâncias que, dependendo do ambiente, se recombina originando argilominerías.

O intemperismo químico implica em transformações químicas dos minerais que compõem as rochas. Destacam-se os processos ligados a ação das chuvas carregadas com CO₂. A água reage decompondo e originando novos minerais estáveis às condições da superfície terrestre. As reações químicas predominantes são: dissolução, oxidação, redução, hidrólise e hidratação (OLLIER, 1969).

A formação de argilominerías por processos hidrotermais constitui-se da alteração metassomática de minerais, no qual a água, combinada com outros elementos químicos, atua como fluido fortemente aquecido e sob alta pressão. Este processo provoca a hidratação e/ ou lixiviação de minerais silicáticos, oxidação de sulfetos, entre outros, em uma dinâmica que vai depender das condições termodinâmicas e geoquímicas das rochas e fluidos envolvidos. As argilas residuais são aquelas que permanecem no local de origem devido às condições adequadas de topografia e da natureza da rocha matriz. São jazidas formadas pela ação da decomposição e desagregação da rocha em que tomam parte: água, oxigênio, anidrido carbônico e ácido orgânico.

O Mapeamento Geológico realizado na Região do Vale Jaguaribe, indicou depósitos de argila, que depois pesquisados com sondagem a trado revelou um bom material que é utilizado como matéria-prima na fabricação de artefatos cerâmicos. Esta argila faz parte dos depósitos sedimentares aluvionares, constatando serem de idades terciária e quaternária.

A argila comum compreende dois tipos principais, determinados pela sua utilização industrial: argila para olaria ou "pottery clay" e argila para tijolo ou "brick clay". Argila para olaria ou pottery clay é utilizada particularmente em cerâmica ornamental de terracota, é uma argila plástica que pode ser moldada facilmente. A argila de olaria possui teores baixos em Al_2O_3 (15-25%), teores baixos e médios em Fe_2O_3 (<10 %) e quando queimada proporciona corpos cerâmicos de cor variada.

8. Materiais e Métodos

A pesquisa foi dividida em quatro etapas, com intuito de subsidiar os objetivos propostos. Essas são: (I) Levantamento de Dados, (II) Coleta de amostras, (III) Análises de Laboratório e (IV) Integração de Dados.

8.1 Levantamentos de Dados

Inicialmente foi realizado o Levantamento Bibliográfico, que possibilitou conhecer os trabalhos já realizados na região para auxiliar a etapa do Mapeamento Geológico, na elaboração das seções que possibilitaram na escolha da área alvo e determinação dos pontos sondados. Nesta fase do levantamento bibliográfico ficaram evidenciados que muitos trabalhos de reconhecimento geológico da região. O pioneiro foi escrito por Crandall (1910), estabelecendo um conceito sobre a estratigrafia das rochas da Região Nordeste. Já Beurlen (1967) Kegel (1965) procuraram definir as formações da Bacia do Apodi e a Estrutura Geológica do Nordeste.

Nos anos 60, os registros dos levantamentos geológicos da Escola de Geologia da Universidade de Federal de Pernambuco (UFPE) e da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), tratando de problemas geológicos, de caráter regional e local, como o Estudo Hidrogeológico do Vale do Jaguaribe (SUDENE, 1967).

Projetos específicos da Folha Jaguaribe foram realizados pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), destacando, em 1974, a Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha Jaguaribe (SB-24) e Folha Fortaleza (SA-24), na escala de 1:1.000.000; e posteriormente, o Projeto Rio Jaguaribe (1979), que fez um mapeamento geológico sistemático na escala de 1:250.000, contemplando dados de prospecção geoquímica aluvionar e caracterização dos recursos minerais.

A publicação do Projeto RADAMBRASIL (1981) contribuiu de forma espetacular diversos mapeamentos realizados, que juntamente com os trabalhos anteriores, proporcionando uma contribuição marcante sobre detalhes geológicos, metalogenéticos, de avaliação do potencial dos

recursos naturais, resultando as Folhas SB.24/25 - Jaguaribe/Natal.

8.2 Coleta de amostras

As sondagens foram realizadas, logo após as condições de cheias na região do Baixo Jaguaribe, em função do alto índice pluviométrico. As sondagens foram realizadas por meio de trados manuais que consistem na rotação de um dispositivo cortante (coroa) com aplicação simultânea de pressão para avanço, muito utilizado em solos e que atinge geralmente pequenas profundidades, como mostra. As descrições das argilas resultantes das sondagens obedeceram A Normas Técnicas da ABNT, a execução dos trabalhos de sondagens foi acompanhada por uma equipe sendo dois na locação e um georreferenciamento dos pontos e um na identificação e locação dos pontos em campo para as perfurações, com a seguinte logística.

Tabela 2: Equipamentos utilizados

Equipamentos	Quantidade	Equipamentos	Quantidade
GPS Garmin	4	Picareta	4
Trado Manual	6	Chibanca	4
Automovel	1	Pá	4
Estufa	1	Enxada	4
Bússola	2	Trena	2
Lupas	2	Viatura Movel	1
Martelo Geol.	2		

8.3 Análises de Laboratório

As argilas inicialmente no seu estado bruto foram desagregadas manualmente e em seguida, homogeneizadas em moinhos de bolas por aproximadamente 40 minutos, formando assim barbotinas. Em seguida, foram encaminhadas para uma estufa à 60°C e permaneceu cerca de 20 horas com o objetivo de eliminar água livre. Após secagem, as argilas são novamente levadas ao moinho de bolas por mais 40 minutos para homogeneização e então, passadas por peneira ABNT 50, 200 mesh. Os pós de argilas obtidos foram identificados, armazenados e encaminhados para o Laboratório de Raios-X do Departamento de Física da UFC.

8.4 Integração de Dados

Para caracterização química das argilas foi utilizada a técnica de Fluorescência de Raios-X (FRX), Difração (DRX). As análises das argilas obtidas dos furos de sondagens consistiram na determinação dos óxidos dos elementos maiores, tais como: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, K₂O, Na₂O₃, MgO, CaO, MnO e P₂O₅. Ao se caracterizar argilo minerais, a utilização da técnica de difração de raios-X torna-se ainda mais indicada, pois uma análise química reportaria os elementos químicos presentes no material, mas não a forma como eles estão ligados (ALBERS, 2002). Com o auxílio dos dados obtidos pela fluorescência foi elaborado um mapa em três dimensões da lavra e dividido em blocos os teores do corpo em análise.

O Mapeamento Geológico realizado na Região do Vale Jaguaribe, indicou depósitos de argila, que depois pesquisados com sondagem a trado revelou um bom material que é utilizado como matéria-prima na fabricação de artefatos cerâmicos. Esta argila faz parte dos depósitos sedimen-

tares aluvionares, constatando serem de idades terciária e quaternária. A argila comum compreende dois tipos principais, determinados pela sua utilização industrial: argila para olaria ou "pottery clay" e argila para tijolo ou "brick clay". Argila para olaria ou pottery clay é utilizada particularmente em cerâmica ornamental de terracota, é uma argila plástica que pode ser moldada facilmente. A argila de olaria possui teores baixos em Al_2O_3 (15-25%), teores baixos e médios em Fe_2O_3 (<10 %) e quando queimada proporciona corpos cerâmicos de cor variada.

Argila para tijolo ou brick clay é uma argila grosseira que possui grande quantidade de silte e areia. A argila para tijolo é utilizada em cerâmica vermelha ou estrutural, no fabrico de tijolos, telhas e ladrilhos. Os teores em SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO e $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ são elevados.

8.5 Métodos das Sondagens

As sondagens foram realizadas por meio de trados manuais, que consiste na rotação de um dispositivo cortante (corôa) com aplicação simultânea de pressão para avanço, muito utilizadas em solos e que atinge geralmente pequenas profundidades. Este método é indicado para obtenção e coleta de amostras para caracterização litológica. As descrições das argilas resultantes das sondagens obedeceram às Normas Técnicas da ABNT, em uma ficha previamente elaborada, visando à definição da espessura do pacote argiloso, que serviu para a definição da cubagem das reservas. A definição das propriedades físicas das argilas no seu estado bruto, ocorreram de forma direta no campo, visando estabelecer o grau de plasticidade quando umedecidas em água, textura no que se refere à coesão entre partículas de areia, silte e argila; e também a cor que caracteriza as propriedades mineralógicas dos solos, como a ocorrência da presença de impurezas como quartzo, mica, óxido de ferro, carbonatos e matéria orgânica.

A preparação das amostras em campo, foram realizadas após extração e descrição o material do perfil de sondagem (fig.28) sendo selecionada em lona e colocada em sacos plásticos, com média de 01 quilo por amostra logo em seguida, foram encaminhado para o Centro Vocacional Tecnológico-(CVT), sob controle, com numeração e protocolo. Tem sido preparadas 227 amostras em campo.

8.6 Detalhamentos da Preparação das Amostras

As argilas, inicialmente no seu estado bruto, foram desagregadas manualmente e em seguida, homogeneizadas em moinhos de bolas por aproximadamente 40 minutos, formando assim barbotinas. Em seguida, foram encaminhadas para uma estufa à 60°C permanecendo cerca de 20 horas como objetivo de eliminar água livre. Após secagem, as argilas são novamente levadas ao moinho de bolas por mais 40 minutos para homogeneização e então, passadas por peneira ABNT 50, 200 mesh.

Os resíduos da peneira passaram por desaglomeração até não haver mais resíduos, obtendo assim, uma granulometria de 200 mesh. Os pós será realizado no Laboratório de Raios-X do Departamento de Física da UFC

8.7 Análise Química

A análise química consiste em determinar a composição de uma matéria-prima, fornecendo os percentuais de óxidos presentes e também os valores de perda ao fogo (EMILIANI & CORBARA, 1999). A análise química pode ser realizada através de processos químicos ou físicos. Os processos químicos geralmente são através de reações de precipitação seletiva e reações de formação de

complexos corantes. Os processos físicos podem ser através de espectrofotometria ou ainda por fluorescência de raios-X. Atualmente a fluorescência de raios-X é frequentemente utilizada para determinar a composição química em materiais cerâmicos, por ser um método rápido, preciso e não-destrutivo.

De uma maneira simplificada, a interpretação de uma análise química de uma matéria-prima argilosa segundo Más(2002) pode ser descrita abaixo: óxido de sódio (Na_2O) e potássio (K_2O): presentes geralmente na forma de feldspatos, são fundentes e conferem resistência mecânica quando sinterizados entre 950 e 1000°C ; óxido de cálcio (CaO) e magnésio (MgO): são agentes fundentes e tendem a diminuir a refratariedade das peças, indicam a presença de calcita, dolomita e massas calcáreas que requerem moagem e temperaturas de sinterização aproximadamente 1100°C ; sílica ou óxido de silício (SiO_2): indica a presença de silicatos e sílica livre.

Os silicatos são os argilos minerais, as micas e os feldspatos. A sílica livre corresponde ao quartzo; alumina ou óxido de alumínio (Al_2O_3): está em sua maior parte combinada, formando os argilos minerais (SANTOS, 1975); óxido de ferro (Fe_2O_3): responsável pela coloração vermelha ou amarelada na maioria das argilas, reduz a plasticidade, mas também diminui a retração e facilita a secagem.

8.8 Difração de Raio-X

Possibilita a identificação dos minerais presentes, e também permite estudar as características cristalográficas destes minerais. O equipamento de difração de raios-X é basicamente um tubo emissor de raios-X, uma câmara circular onde se situa a amostra (goniômetro) e um detector que recebe os raios difratados. A técnica de ensaio consiste em incidir um feixe de raios-X (de comprimento de onda conhecido), sobre uma camada fina de pó, que gira no centro do goniômetro.

Como consequência o feixe se difrata e reflete com ângulos que são característicos do retículo cristalino, obtendo-se o correspondente difratograma. O método de difração de raios-X em relação a outros métodos físicos como a análise térmica diferencial, ou químicos, como a análise química, oferece a vantagem de que o difratograma apresenta um número grande de picos, o que facilita a identificação, principalmente no caso de misturas, onde pode haver superposição de alguns picos, mas nunca de todos (SANTOS, 1975).

Ao se caracterizar argilos minerais, a utilização da técnica de difração de raios-X torna-se ainda mais indicada, pois uma análise química reportaria os elementos químicos presentes no material, mas não a forma como eles estão ligados (ALBERS, 2002).

A caracterização químico-mineralógica de argilas e a determinação das propriedades que seus componentes atribuem às massas cerâmicas, permitem estudar os beneficiamentos que devem ser feitos para alterar uma ou várias propriedades do corpo cerâmico, e melhorar as propriedades do produto final (COELHO, ROQUEIRO & HOTZA, 2002).

As análises de difração de raios-X e fluorescência de raios-X fornecem como resultados as fases presentes na argila e a relação dos elementos constituintes da argila com a sua proporção na forma de óxidos, respectivamente. Através da combinação da análise química, qualitativa e quantitativa, onde os elementos são todos considerados existindo na forma de óxidos, têm-se informações suficientes para determinar a composição mineralógica das fases presentes na argila.

9. Resultados e Discussões

9.1 Caracterização Química das amostras

A caracterização química foi realizada através do uso de FRX – Difração de Raio X. Desta forma

segue abaixo os gráficos dos resultados obtidos em cada amostra no teste de FRX. Para que se entenda melhor como foi feita toda a seleção do material foi dividido por setores os ensaios: 1º passo: Sondagem de doze furos com objetivo de levantar o volume da área, tendo como informação a profundidade do furo, as coordenadas "x,y", o mergulho(DIP), o azimute do mergulho e litologia para elaboração do modelo de blocos. Esse método foi utilizado para quantificar a reserva em toneladas.

Obtém-se assim o valor da lavra em toneladas 4.838,656 t. Deduzindo um valor de estéril com cerca de 20%, subtrai-se este valor do total de toneladas para se obter o valor em toneladas de argilas da reserva medida, em seguida a tabelas do resultado de fluorescência.

Tabela 2: Resultados das fluorescências

1		2		3		4	
Na2O	0,297	Na2O	0,3575	Na2O	0,4519	SiO2	70,5466
MgO	1,9896	MgO	2,2412	MgO	2,0834	Al2O3	15,2694
Al2O3	28,0289	Al2O3	27,5412	Al2O3	23,5628	TiO2	2,9526
SiO2	53,4551	SiO2	53,2948	SiO2	57,4829	Fe2O3	4,2654
P2O5	0,2179	P2O5	0	P2O5	0,2277	MgO	2,1322
SO3	0,0544	SO3	0	SO3	0	MnO	0,1409
Cl	0,0335	Cl	0	Cl	0	ZnO	0
K2O	3,1948	K2O	3,3395	K2O	3,8072	CaO	0,4166
CaO	0,9645	CaO	1,1289	CaO	1,5161	Na2O	0
TiO2	1,5267	TiO2	1,3475	TiO2	1,4282	K2O	3,97
Cr2O3	0,0501	Cr2O3	0	Cr2O3	0	SO3	0
MnO	0,0799	MnO	0,0589	MnO	0,108	P2O5	0,3027
Fe2O3	10,0684	Fe2O3	10,6641	Fe2O3	9,3319	SOMA	99,9964
ZnO	0,0394	ZnO	0,0263	ZnO	0		
SOMA	100,0002	SOMA	99,9999	SOMA	100,0001		

5		6		7	
SiO2	57,4829	SiO2	53,1132	SiO2	53,4751
Al2O3	23,5628	Al2O3	27,5412	Al2O3	28,0489
TiO2	1,4282	TiO2	1,34	TiO2	1,5467
Fe2O3	9,3319	Fe2O3	10,7691	Fe2O3	10,3684
MgO	2,0834	MgO	2,2412	MgO	1,9995
MnO	0,108	MnO	0,052	MnO	0,0999
ZnO	0	ZnO	0,02693	ZnO	0,0342
CaO	1,5161	CaO	1,0592	CaO	0,6
Na2O	0,4519	Na2O	0,35	Na2O	0,307
K2O	3,8072	K2O	3,4992	K2O	3,2473
SO3	0	SO3	0	SO3	0,0549
P2O5	0,2277	P2O5	0	P2O5	0,218
SOMA	100,0001	SOMA	99,99203	SOMA	99,9999

Os principais índices de óxido de ferro (Fe2O3) registrados na são de 10,0684%, 10,6641%,

9,3319%, 10,7691%, 10,3684%, demonstrando uma facilidade de obtenção de peças com coloração avermelhada em patamares de queima com temperaturas menores. Entretanto não são indicadas para utilização de cerâmicas aparentes ou telhas em áreas com alto índice de ataque de maresia, pois desta forma a reação do óxido de ferro pode provocar a formação de patologias nas peças a médio-longo prazo.

As argilas transportadas também chamadas argilas secundárias são decorrentes da ação do transporte feito por águas, geleiras ou pelo ar. Sua deposição final pode ser em rios de baixa correnteza, lagos, pântanos e mares. Os sedimentos são transportados em suspensão e sua deposição é feita por sedimentação mecânica, e pode ser acelerada em águas ricas em sais. A granulometria natural fina dos argilominerais permite que os mesmos permaneçam longo tempo em suspensão e também dão origem a extensos depósitos de argilas de valor industrial. (SANTOS, 1989).

O levantamento geológico, e, em especial, os resultados dos trabalhos de sondagens e das análises realizadas contribuíram para garantir a continuidade e expansão do pólo minero-ceramista na região, com destaque, para o Município de Russas, propiciando a base de sustentabilidade dos empreendimentos já consolidados, podendo impulsionar outros interessados na utilização da argila, como subsídio importante para futuros projetos econômico.

Em termos mais diretos, o trabalho mostra que a caracterização tecnológica das argilas através dos estudos dos parâmetros industriais, com a qualificação físico-química, leva um detalhamento das camadas litológicas, propiciando a implantação de um processo de lavra seletiva. Todo o processo em conjunto torna a exploração das argilas muito mais sustentável, propiciando assim um maior controle ambiental no seu produto final.

10. Conclusão

A Pesquisa Direta permitiram uma Cubagem da Reserva de 4.847.872 toneladas de argila, após uma redução de 20% do volume medido considerando as impurezas e a presença de elementos terrestres prejudiciais na preparação da massa para o processo produtivo da cerâmica vermelha.

As análises laboratoriais comprovam que a argila em questão é de excelente qualidade, sendo considerada própria para a fabricação de artefatos cerâmicos.

Para a determinação das proporções necessárias à formulação da massa cerâmica, foi necessária a realização de experimentos que definiram de forma adequada a variação nas propriedades associadas à composição, resultando num planejamento adequado para o uso racional das matérias-primas.

O uso do método gráfico aplicado na modelagem das misturas permitiu determinar os teores de Al_2O_3 para ser utilizada como parâmetro de controle na preparação da massa cerâmica, de acordo com a matéria-prima e condições de fabricação. O teste foi feito com esse composto pois perante o resultado fornecido pela fluorescência, essa substância alcançou maiores teores.

A aplicação dos procedimentos aplicados neste trabalho, indicam uma importante contribuição relatados no plano proposto pode contribuir com a melhoria do sistema produtivo do polo, substituindo a forma tradicional de preparar e permitindo a fabricação de produtos uniformes e padronizados.

Esta lavra é rica em ferro sendo favorável a fabricação de tijolos, não sendo recomendada a produção de telhas aparentes, pois estas sofrem ataque de maresia junto aos óxidos de ferro originando reações químicas que desta forma podem provocar a formação de patologias nas peças a médio-longo prazo.

Em uma última análise, acredita-se que o tratamento dos dados e a aplicação das técnicas e

método apresentados neste trabalho, contribuam para o melhor manuseio da matéria prima que ocorre neste polo cerâmico em função dos melhores entendimentos dos teores das substâncias e elementos químicos nela contida, além de uma clara representação do volume em modelagem 3D com a distribuição dos teores, e o preciso cálculo das reservas medidas.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, F. F. M. – 1969. Diferenciação Tectônica da Plataforma Brasileira. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia**, SBG, Salvador.

ALMEIDA, F. F. M. Diferenciação Tectônica da Plataforma Brasileira. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia**, SBG, Salvador, 1969.

BERTANI, R. T; COSTA, G. I; MATOS, R. D. M. Evolução Tectono-Sedimentar, estilo estrutural e hábitat do Petróleo na bacia Potiguar. In: **Origem e evolução de Bacias sedimentares**. GABLAGIA, G. P & MILLANI, E. J. (Coords.) Petrobrás, 1990.

BRASIL – MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA MINERAL. DNPM. Brasília, 1985. Divisão de Fomento da Produção Mineral. 355 p. 94 il.

CABRAL JÚNIOR, M. et al. **Argilas para cerâmica vermelha**. In: Rochas e minerais industriais: usos específicos. Rio de Janeiro: CETEM; MCT, 2005. P. 583-605.

CAMPOS, M., BRAGA, A. P. G., MELLO, A. A., SOUZA, E. M., SILVA, F. A. F & FRANÇA, J. B. 1979. **Projeto Rio Jaguaribe**. Brasília. MME – DNPM – Série Geologia nº 4. 149p.

CASTRO, João Marcelo Rodrigues de. 2010 – **Projeto Argilas da Bacia Pimenta Bueno**. CPRM-Porto Velho.

CAVALCANTE, A. A. – 2001. **Aspecto da Produção de Sedimentos e seus efeitos na Gestão dos Recursos Hídricos no Baixo Vale do Rio Jaguaribe – CE**. Dissertação de Mestrado. Fortaleza – CE.

CAVALCANTE, A. A. **Aspectos da produção de sedimentos e seus efeitos na gestão dos recursos hídricos no Baixo Vale do rio Jaguaribe – CE**. Dissertação de Mestrado. Fortaleza – CE. 2001.

CAVALCANTE, A. **Jardins Suspensos no Sertão**. Rev. Scientific American Brasil, Janeiro de 2005.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Mapa geológico do Ceará. Escala 1:500.000. Meio digital. 2003

CPRM, 2003. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. Escala 1:1.000.000. MME/DNPM.

CPRM. **Avaliação das potencialidades hídrica e mineral do médio-baixo Jaguaribe – CE**. Programa Pacto das águas. Fortaleza, Ceará 2009.

DNPM, 1997. **Principais Depósitos Minerais do Brasil**. Coord. Schobbenhaus, C., Queiroz, E. T., Coelho, C. E. S., Brasília.

FILHO, Alexandre Carneiro. – 2011. Elaboração das Seções Geológicas. **Projeto de Mapeamento Geológico da Reserva de Argila do Município de Russas e Parte do Município de Jaguaruana, Quixeré e Limoeiro do Norte, Estado do Ceará**.

GOMES, C. de S. F. **Argilas: aplicações na indústria**. Aveiro: C. Gomes, 2002. 337p.

LIMA, Raimundo Humberto Cavalcante. 2010. **Preparação e Controle de Massas para o APL de Cerâmica Vermelha de Russas**– Ceará.Banco do Nordeste do Brasil.

MAIA, Rubson Pinheiro. -2005 **Planície fluvial do rioJaguaribe**:evolução Geomorfológica,ocupação e análise ambiental.Dissertação de Mestrado,Fortaleza Ceará.

MARANHÃO,R.J.L. – 1989 -**Introdução a Pesquisa Mineral**. Fortaleza. BNB/ETENE. 4ª Edição. 680 p.Illust.

OLIVA, L. A.1985 - **Métodos e Técnicas de Pesquisa Mineral**. Divisão de Fomento da Produção Mineral. DNPM Brasília/DF, 355 p.

OLIVA, L. A.1988– Relatório Finalde Pesquisa. **Divisão de Fomento da Produção Mineral**. DNPM Brasília/DF, 18 p.

RADAMBRASIL.**Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia,Vol. 23 1981.

SANTOS,Pérsio de Sousa.1975. **Tecnologia de Argilas**.Edgard Blücher,USP. v.I.

TEOR DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL E MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLO DA CAATINGA SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE USO

Valéria Ramos Lourenço
Aldênia Mendes Mascena de Almeida
Francisco Jairo Soares Pereira
Luis Fabrício Martins Correia
Carlos Alexandre Gomes Costa

Resumo

A matéria orgânica no solo pode ser afetada diretamente pelos diferentes sistemas de manejo do solo. As espécies presentes em uma área e o uso do solo estão diretamente ligadas com a quantidade de carbono que pode ser estocado nas diferentes frações de matéria orgânica. O objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de carbono orgânico e matéria orgânica do solo no bioma caatinga, no semiárido cearense, sob diferentes condições de uso. O estudo foi realizado no bioma caatinga, A primeira área observada foi a caatinga preservada pereservada por aproximadamente 30 anos, nesta, cultivava-se capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). A segunda área trata-se de uma caatinga raleada, a mesma encontra-se em preservação a aproximadamente 10 anos. Em cada tratamento foram coletados solo em 9 pontos, totalizando 18 pontos espaçados 30m vertical e horizontalmente. As coletas foram realizadas de 0-0,1m de profundidade. As amostras foram armazenadas em sacos e identificadas. As determinações de carbono orgânico total (COT) foram realizadas em amostras de terra fina seca ao ar (TFSA), destorroadas e passadas em peneiras com malha de 2 mm de abertura. O COT foi quantificado pela metodologia de Walkley-Blac modificado por Yeomans e Bremner (1988). A análise de variância realizada pelo programa SIGMAPLOT (2008) a 5%. A área de Caatinga preservada apresentou uma média de 38,47 g.kg⁻¹ de M.O e 22,26 g.kg⁻¹ de COT enquanto a Caatinga raleada apresentou 41,70 g.kg⁻¹ de M.O e 24,13g.kg⁻¹ de COT. A análise de variância não apresentou diferença entre os dois sistemas. A produção e a decomposição contínua de serrapilheira no decorrer dos anos pode explicar uma não diferença na estatística das áreas estudadas, pois mesmo as duas áreas possuindo usos e manejo diferentes ao longo do tempo ainda permanecem sob vegetação da Caatinga.

Palavras-chave: Caatinga preservada; Caatinga raleada; Serrapilheira; Carbono.

Abstract

The organic matter in the soil can be directly affect by many different systems of soil management. The present species in one area and the use from the soil are directly linked with the quantity of carbon that can be stocked in different fractions of the organic matter. The objective from this work was to evaluate the content of organic carbon and organic matter from the soil of the biome from the Caatinga, in the cearense semiarid under different conditions of use. The first area observed was the Preserved Caatinga that has been preserved for approximately 30 years, in this, previously was cultivated buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.). The second area is the Thined Caatinga, the same that meet under preservation for approximately 10 years. For each treatment, has been collected soil in 9 points, totalizing 18 points spaced by 30 m vertically and horizontal. Collects were made from 0-0,1m of depth. The samples were stocked in bags and identified. The total of organic carbon determination (COT) were made in samples of thin, dry land (TFSA) defragmented, and passes in sieves whit mesh whit mm spacing. The COT was quantified by the method of Walkley- Black modified by Yeomans and Bremner (1988). The analyses of variance performed by the program SIGMAPLOT (2008) by 5%. The area from the Preserved Caatinga showed average of 38,47 g.kg⁻¹ of M.O and 22,26 g.kg⁻¹ of COT meanwhile the thinned Caatinga has showed average of 41,70 g.kg⁻¹ de M.O e 24,13 g.kg⁻¹ of COT. Analysis of variance showed no differences between the two systems. The production and the decomposition continues of litter over the years can explain the no difference in statistics areas studiedas even the two areas having different uses and management over time still under vegetation Caatinga .

Keywords: Caatinga preserved; Caatinga thinned; Litter; Carbon .

1. INTRODUÇÃO

Os teores de carbono orgânico e matéria orgânica do solo (MOS) são influenciados por práticas intensivas de uso e ocupação do solo. De acordo com Machado (2005) o solo é o compartimento que mais estoca carbono no ecossistema terrestre e apresenta aproximadamente 4 vezes o compartimento de carbono da vegetação e 3,3 vezes o carbono da atmosfera, sendo constituído pelo carbono orgânico e mineral.

A função desse carbono no solo, que se encontra em sua maior parte na forma de matéria orgânica, influencia diretamente as características físicas, químicas e biológicas, dentre elas a densidade, formação e estabilidade de agregados, disponibilidade de nutrientes, capacidade de trocas de cátions, atividade microbiológica e enzimática. Em virtude disso, o carbono orgânico do solo é bastante empregado como indicador de qualidade do solo, principalmente por causa da sua relação com as funções ecológicas do ambiente, bem como à capacidade que ele apresenta de refletir as mudanças no uso e ocupação do solo (JACKSON et al., 2003; ARAÚJO & MELO, 2010). O carbono e a matéria orgânica do solo são alterados com a intensidade dos sistemas de uso instalados, sendo um dos atributos mais sensíveis a transformações desencadeadas pelo manejo do solo (BARRETO et al. 2008).

A disposição temporal das espécies vegetais e o emprego de culturas de cobertura com elevada produção de fitomassa aérea e radicular também podem interferir diretamente nos estoques de carbono nas diferentes frações da M.O. (JANZEN et al., 1998; DIEKOW et al., 2005). Portanto, o potencial de acúmulo de carbono no solo e sua dinâmica de perdas em função dos diferentes tipos de uso e cobertura vegetal apresenta grande importância na avaliação da qualidade do solo, pois influencia diretamente no ciclo do carbono e consequentemente no sequestro de carbono no solo (CERRI et al., 2007; ZANATTA et al., 2007; BERNARDI et al., 2007). Giongo et al. (2010), estudando o estoque de carbono no solo, em CO₂ equivalente, obtiveram os valores de 58,64 Mg/ha na camada de 0 a 20 cm em uma área de Caatinga preservada, e de 44,91 Mg/ha-1 de CO₂ em uma camada de igual profundidade, mas localizada em uma área de Caatinga alterada.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de carbono orgânico e matéria orgânica do solo no bioma caatinga, no semiárido cearense sob diferentes condições de uso.

2. Material e Métodos:

2.1 Localização da área de estudo

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC) da Universidade Federal do Ceará (UFC), no município de Pentecoste-CE (3° 47'S, 39° 16' W). A área está inserida na porção centro norte da Bacia Hidrográfica do rio Curu (BHC) (Figura 1).

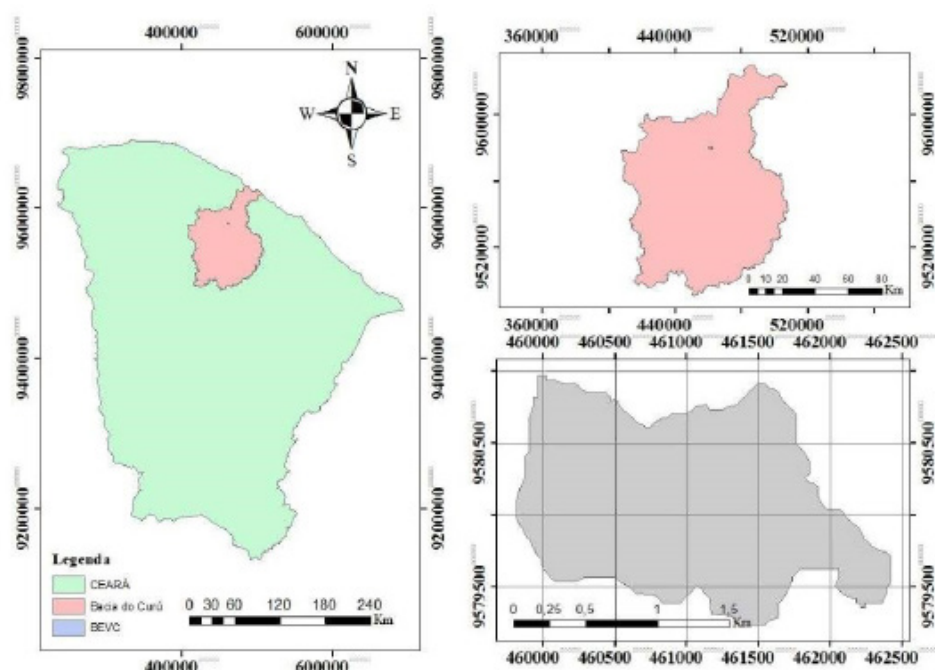


Figura 1 – Identificação da área de estudo em relação ao estado do Ceará e a Bacia Hidrográfica do Curu (BHC).

2.2 Caracterização da área de estudo

O solo (Neossolo litólico) da área de estudo é raso, com camada de impedimento a 0,1 m. A classificação climática da região segundo Koppen, é BSw'h' (semiárido com chuvas irregulares, com duas estações climáticas bem definidas) (FREITAS et al., 2011) com precipitação anual média de 800,0 mm, temperatura média de 27° C e umidade média relativa do ar de 74% (EMBRAPA, 2001).

Os extratos estudados foram caracterizados como vegetação de Caatinga preservada (CP) e raleada (CR) (Figura 2).



Figura 2 – Identificação da área de estudo em relação aos diferentes usos do solo da Caatinga na BHC: a) Caatinga Preservada (CP); b) Caatinga Raleada (CR).

A área sob uso de vegetação nativa, Caatinga Preservada (CP), encontra-se em pousio desde 1984, há aproximadamente 30 anos. Anteriormente, nesta área cultivava-se capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L.).

A área sob uso de Caatinga Raleada (CR) tem a predominância de espécies de menor porte e menor diversidade como observamos na Figura 2. Esta área está em recuperação há 10 anos, após intenso processo de exploração de madeira de espécies nativa. Observa-se uma vegetação mais esparsa com predominância de Marmeleiro (*Crotonsonderianus*).

2.3 Sistematização da amostragem dos pontos de coleta no campo

Para os dois tratamentos, Caatinga Preservada (CP) e Caatinga Raleada (CR), foram utilizados nove pontos de coleta, sistematizados em uma grade regular com espaçamento de 30 m, totalizando uma área amostral de aproximadamente um hectare para cada um dos tratamentos (Figura 3). Estes diferentes usos da Caatinga estão sobre um solo raso, Neossolo litólico, com uma camada de impedimento a 0,1 m. Por isso, as amostras de solos foram coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade, representando a camada *topsoil*.

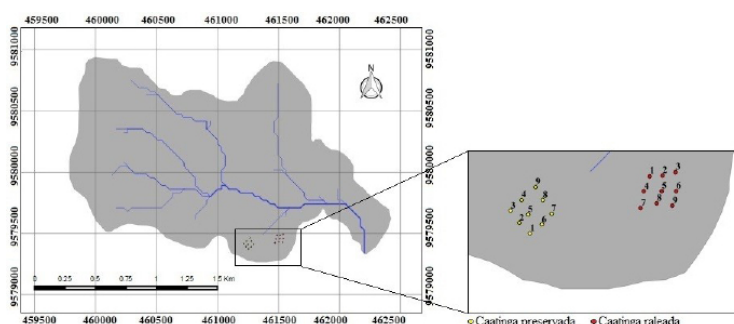


Figura 3- Identificação dos pontos de amostragem para coleta de solo.

2.4 Análise de carbono orgânico e matéria orgânica no solo

Após a coleta foram acondicionadas em sacos plásticos fechados e identificados. As determinações de carbono orgânico total (COT) foram realizadas em amostras de terra fina seca ao ar (TFSA), destorroadas e passadas em peneiras com malha de 2 mm de abertura. Em seguida foram levadas ao laboratório para a quantificação de carbono orgânico e matéria orgânica do solo.

O COT foi quantificado pela metodologia de Walkley-Blac modificado por Yeomans e Bremner (1988). O método consiste na oxidação do carbono orgânico do solo por dicromato (Cr^{6+}) na presença de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, levado a uma fonte externa de calor na qual o excesso de Cr^{6+} é titulado sulfato ferroso amoniacal. A partir da obtenção COT foi possível calcular a matéria orgânica no solo (M.O) nas amostras de solo por meio da multiplicação do valor de carbono orgânico pelo fator de 1,724. Esse fator considera que o teor médio de carbono orgânico presente na matéria orgânica humificada é de cerca de 58% (EMBRAPA, 2011). Para analisar os dados utilizou-se a análises de variância e o teste T ao nível de significância.

2.5 Análise estatística e representação gráfica

A análise estatística constituiu-se da organização dos dados e da aplicação da estatística descritiva para o cálculo da média, do desvio padrão, e posterior teste de comparação de média (teste T $\alpha = 0,05\%$) da análise de variância realizada pelo programa SIGMAPLOT (2008). Posteriormente, os dados foram representados graficamente com o uso do mesmo programa.

3. Resultados e discussão

Na tabela 1, são apresentados os resultados da análise de variância para os tratamentos da caatinga preservada (CP) e caatinga raleada (CR).

Tabela 1- Resumo da análise de variância do carbono orgânico total (COT) e matéria orgânica no solo (M.O) para caatinga preservada (CP) e caatinga raleada (CR).

Tratamentos	N	Média COT (g.kg-1)	Média M.O. (g.kg-1)	Desvio padrão	P calculado	P tabelado
Caatinga raleada (CR)	27	24,13	41,70	8,90	0,35ns	0.067
Caatinga preservada (CP)	27	22,26	38,47	5,41	-	-

Observa-se que os tratamentos analisados não apresentam diferença estatística entre si. Esse resultado pode ser explicado devido o aporte de serrapilheira (folhas, galhos, miscelânea e estruturas reprodutivas) depositadas na superfície do solo durante os processos de senescências do material vegetal (Figura 4). O aporte de serrapilheira favorece consequentemente o acúmulo de M.O e COT nas camadas superficiais do solo, durante os processos de decomposição da serrapilheira pelos organismos edáficos. Pois parte do retorno da M.O e nutrientes ao solo nas florestas se dá através da produção e decomposição da serrapilheira ao solo (LOPES et al., 2009).



Figura 4- Cobertura do solo nas áreas preservada (esquerda) e raleada (direita) da caatinga.

Em estudos realizados por Baldotto et al. (2015) em uma área de mata em comparação com uma área de Pivô central observaram-se que os teores de matéria orgânica foram superiores na área de mata nativa, deixando claro a influência do uso e manejo do solo nos teores de matéria orgânica no mesmo. De acordo com Menezes et al. (2012) as mudanças de uso dos solos interferem no ciclo e fluxo de carbono, além de afetar a estrutura e o funcionamento do Bioma Caatinga. Segundo os mesmos autores, metade desse Bioma ainda é coberto por vegetação nativa secundária.

Os ecossistemas florestais apresentam produção contínua de serrapilheira no decorrer do ano, sendo a sua quantidade e qualidade influenciada por diferentes fatores como tipo de vegetação e condições climáticas (SILVA et al., 2007). Em consequência desse fato os sistemas florestais apresentam constante ciclagem de elementos (nitrogênio, fósforo e carbono) no solo, principalmente em áreas com vegetação nativa, pois há maior integração entre a cobertura vegetal e os atributos do solo, uma vez que ocorre decomposição contínua do material orgânico depositado

na superfície do solo (ARTUR et al., 2014). Este fator pode ter sido decisivo para explicar a não diferença estatística dos dados, pois mesmo as duas áreas possuindo usos e manejo diferentes ao longo do tempo ainda permanecem sob vegetação da Caatinga.

Yang et al. (2014) estudando o teor de carbono na camada superficial de solo observaram um aumento significativo dentro de todos os cinco tipos florestais principais analisados durante o período de 1980 a 2000, com uma taxa global de $20,0 \text{ g C m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$. Este incremento no carbono observado em ecossistemas florestais pode ser apontado como um dos fatores de contribuição para a uniformidade estatística dos dados de carbono orgânico obtidos.

Na figura 5 observa-se a distribuição espacial da matéria orgânica (M.O) e carbono orgânico total - COT nas áreas de caatinga preservada e raleada nos diversos pontos amostrados. De acordo com a figura, observa-se uma dependência espacial entre a MO e COT nas duas áreas estudadas, visto que são duas variáveis dependentes.

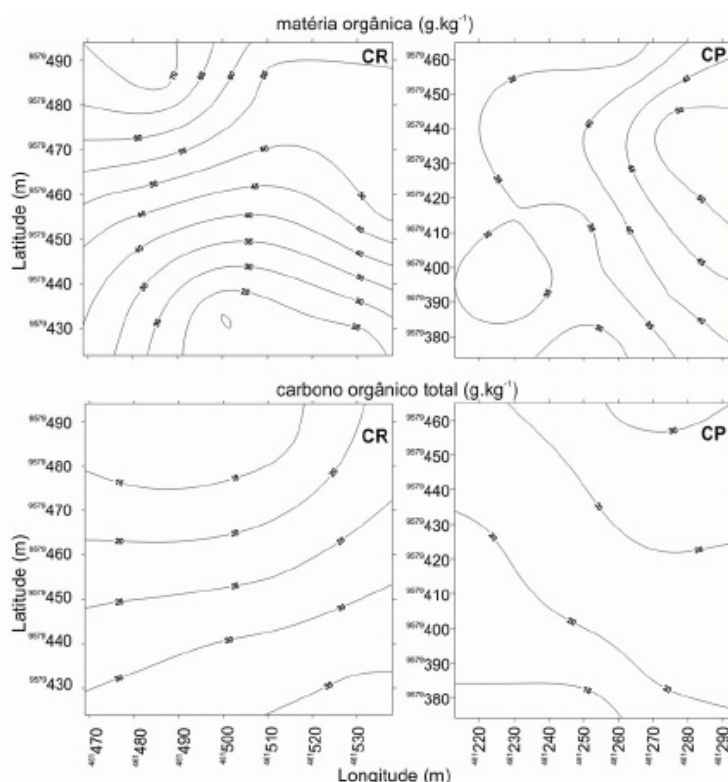


Figura 4- Distribuição espacial da matéria orgânica e carbono orgânico total nas áreas de caatinga raleada (CR) e caatinga preservada (CP).

De acordo com Lopes et al (2012), a quantidade de COT e MO está relacionada com os aportes de resíduos orgânicos e à formação de biomassa vegetal aérea, a qual por sua vez, depende da fertilidade do solo. A ausência de intervenções antrópicas nas áreas nativas contribui para um estoque de carbono no solo superior às áreas com intervenção humana (CALONEGO et al., 2012). Segundo Papine et al (2011) as mudanças no uso da terra pode afetar fortemente a M.O e a suas propriedades no solo.

Outro fator importante a ser ressaltado é a idade cronológica que as áreas permanecem em pousio, sem qualquer interferência antrópica no uso e ocupação do solo. Esse fato pode ter contribuído para um possível acúmulo de carbono no solo nas áreas. Estudo realizado por Bernardi et al. (2007) em solo sob vegetação de Caatinga hipoxerófila após dois anos de desmatamento foram encontrados na camada de 0 a 0,4 m valores de $27,6 \text{ Mg/ha}$ de carbono com uma redução de 5%

devido a retirada da vegetação natural

4. Conclusão

O teor de carbono orgânico total e matéria orgânica no solo sob condições de Caatinga com 30 anos de recuperação da vegetação natural (CP) e Caatinga raleada (CR) sob repovoamento florestal há dez anos não apresentam diferenças assim como os dados obtidos por Novaes Filho et al (2007) em pesquisa realizada em diferentes microbacias da Amazônia meridional. Fatos como a escala da abordagem e as características físicas do solo podem ser citados como determinadores destes valores, além da dinâmica da decomposição da matéria orgânica e do perfil no solo, não analisados nesta pesquisa, podem explicar a não ocorrência de diferenças entre os tratamentos.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, A.S.F. & MELO, W.J. Soil microbial biomass in organic farming system. **Ci. Rural**, 40:2419-2426, 2010.
- ARTUR, A. G. et al. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 2, p.141-149, out. 2014.
- BALDOTTO, M. A. et al. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. **Rev. Ceres**, v. 62, n. 3, jun. p.301-309. 2015.
- BARRETO, A. C. et al. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **R. Bras. Ci. Solo, Viçosa**, v. 32, n. 4, p.1471-1478, jul. 2008.
- BERNARDI, A. C. de C. et al. Carbon and nitrogen stocks of an arenosol under irrigated fruit orchards in semiarid brazil. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p.169-175, mar. 2007.
- CALONEGO, J. C. et al. Estoques de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Caatinga**, Mossoró,, v. 25, n. 2, mar. p.128-135. 2012.
- CERRI, C.E.P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W.E.; MELILLO, J.M. & CERRI, C.C. Tropical agriculture and global warming: Impacts and mitigation options. **Sci. Agric.**, 64:83-99, 2007.
- DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P. & KÖGEL-KNABNER, I. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilization. **PlantSoil**, 268:319-328, 2005.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical. **Dados climatológicos: Estação de Pentecoste, 2000**; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/UFC, 2001. 14 p.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**.Org: DONAGEMA G,K; [et al...]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos. 230 p. 2011.
- FREITAS, C. A. S. de et al. Produção de matéria seca e trocas gasosas em cultivares de mamoneira sob níveis de irrigação. **Rev.bras. Eng Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 11, set. p.1168-1174.2011.
- GIONGO, V. et al. Estoque de carbono no sistema solo em uma área referência do semiárido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2010, Uberlândia. **Anais...** . Uberlândia: SbcS,

2010.

JACKSON, L.E.; CALDERON, F.J.; STEENWERTH, K.L.; SCOW, K.M. & ROLSTON, D.E. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality.

Geoderma, 114:305-317, 2003.

JANZEN, H.H.; CAMPBELL, C.A.; GREGORICH, E.G. & ELLERT, B.H. **Soil carbon dynamics in Canadian agroecosystems**. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLETT, R.F. & STEWART, B.A., eds. Soil processes and the C cycle. Boca Raton, CRC Press, 1998. p.57-80.

LOPES, H. S. S. et al. Biomassa microbiana e matéria orgânica em solo de Caatinga, cultivado com melão na Chapada do Apodi, Ceará. **Rev. Ceres.** Viçosa, v. 59, n. 4, jul., p.565-570. 2012.

LOPES, J. F. B. et al. Deposição e decomposição de serapilheira em área da Caatinga. **Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 3, n. 2, jul. p.72-79.2009.

MACHADO, P. L. O. A. **Carbono no solo e mitigação da mudança climática global**. Química Nova 2005: 28 (2): 329-334.

MENEZES C. R. S. et al. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Braz. J. Biol**, [s.l.], v. 72, n. 3, mar. p.643-653. 2012.

NOVAES FILHO, J. P. et al. Distribuição espacial de Carbono em solo sob floresta primária Na Amazônia meridional. **R. Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p.83-92. 2007.

PAPINI, R. et al. Influence of land use on organic carbon pool and chemical properties of Vertic-Cambisols in central and southern Italy. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], v. 140, n. 1-2, p.68-79, jan. 2011.

SIGMAPLOT. 2008. **For windows, version 11.0**.Systat Software, 2008.

SILVA, C. J. da et al. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **ActaAmazonica**, v. 34, n. 4. p.543-548. 2007.

YANG, Y. et al. Increased topsoil carbon stock across China's forests. **Glob Change Biol**, [s.l.], v. 20, n. 8, , 25 abr. p.2687-2696. 2014.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. **A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil**. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 19:1467-1476, 1988.

ZANATTA, J.A.; BAYER, C.; DIECKOW, J.; VIEIRA, F.C.B. & MIELNICZUK, J. **Soil organic carbon accumulation and carbon costs related to tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in a subtropical Acrisol**. Soil Till. Res., 94:510-519, 2007.