

Vol. V

CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ORGANIZADORES: Profa. Dra. Nara Lucia Perondi Fortes | Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

Profa. Dra. Nara Lucia Perondi Fortes

Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

ORGANIZADORES

CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Vol. V



Taubaté-SP | 2022

EXPEDIENTE EDITORA

edUNITAU

| Diretora-Presidente: Profa. Dra. Nara Lúcia Perondi Fortes

Conselho Editorial

| Pró-reitora de Extensão: Profa. Dra. Leticia Maria Pinto da Costa
| Assessor de Difusão Cultural: Prof. Me. Luzimar Goulart Gouvêa
| Coordenador do Sistema Integrado de Bibliotecas: Felipe Augusto Souza dos Santos Rio Branco
| Representante da Pró-reitoria de Graduação: Profa. Ma. Silvia Regina Ferreira Pompeo de Araújo
| Representante da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação: Profa Dra. Cristiane Aparecida de Assis Claro
| Área de Biociências: Profa. Dra. Milene Sanches Galhardo
| Área de Exatas: Prof. Dra. Érica Josiane Coelho Gouvêa
| Área de Humanas: Prof. Dr. Mauro Castilho Gonçalves
| Consultora Ad hoc: Profa. Dra. Adriana Leônidas de Oliveira

Projeto Gráfico

| ACOM/NDG
| Diagramação: Alessandro Squarcini - NDG
| Capa: Rodrigo Abreu - ACOM
| Revisão: GELP-UNITAU
| Impressão: Eletrônica (e-book)

Ficha Catalográfica

| Bibliotecária Ana Beatriz Ramos – CRB-8/6318

Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBi/ UNITAU Grupo Especial de Tratamento da Informação – GETI

C569 Ciências ambientais [recurso eletrônico] / organizadores Nara Lucia Perondi Fortes , Paulo Fortes Neto. -- Dados eletrônicos. – Taubaté : EdUnitau, 2022.
v. 5

Formato: PDF
Requisitos do sistema: Adobe
Modo de acesso: world wide web

ISBN 978-65-86914-10-8 (on-line)

1. Educação ambiental. 2. Interdisciplinaridade. 3. Impacto ambiental. I. Fortes, Nara Lucia Perondi (org.). II. Fortes Neto, Paulo (org.). III. Título.

CDD – 577.27

Índice para Catálogo sistemático

Educação ambiental – 577.27
Interdisciplinaridade – 370
Impacto ambiental – 577.27

Copyright © by Editora da UNITAU, 2022

Nenhuma parte desta publicação pode ser gravada, armazenada em sistema eletrônico, fotocopiada, reproduzida por meios mecânicos ou outros quaisquer sem autorização prévia do editor.

COMITÊ EDITORIAL

Eduardo Sonnewend Brondizio

Indiana University Bloomington

Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte

Universidade de Lisboa

Maria da Graça Ribeiro Campos

Universidade de Coimbra

Nelson Wellausen Dias

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Ofélia Maria Serralha dos Anjos

Instituto Politécnico de Castelo Branco

Silvio Jorge Coelho Simões

Universidade Estadual Paulista

**PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS (PPCA) - ACADÊMICO E PROFISSIONAL**

Coordenador Geral

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa

Coordenadora Adjunta do PPCA - Acadêmico

Profa. Dra. Ana Aparecida da Silva Almeida

Linha de Pesquisa 1:

Composição e Processos Estruturantes de Bacias Hidrográficas

Coordenador Adjunto do PPCA - Profissional

Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

Linha de Pesquisa 1:

Composição, Estrutura e Processos do Ambiente Natural

Linha de Pesquisa 2:

Transformação e Construção do Ambiente Humano

PREFÁCIO

A Universidade de Taubaté tem se destacado, nacional e internacionalmente, como precursora e consolidadora de estudos, pesquisa, ensino e prestação de serviços à sociedade no campo das Ciências Ambientais, sobretudo na região do Vale do Paraíba e Litoral Norte de SP, onde se insere.

O presente livro é fruto de um esforço integrado de docentes, pesquisadores, gestores e estudantes, e faz parte da obra CIÊNCIAS AMBIENTAIS, uma coletânea que vem sendo construída sob a égide do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da UNITAU. A Coletânea é destinada a subsidiar a formação de profissionais que escolheram dedicar suas vidas aos estudos e descobertas científicas voltadas às questões ambientais e contempla um conjunto de temas indispensáveis não só aos profissionais da área como aos próprios educadores.

Ao ser convidada pelo Professor Paulo Fortes Neto, editor da obra, para prefaciá-la, confesso que fiquei de certa forma apreensiva. Num primeiro momento, me pareceu uma tarefa complicada, já que ao folheá-la encontrei nomes de grandes pesquisadores. Contudo, ao longo da leitura logo percebi que tamanha qualificação seria minha aliada, já que eu não precisaria comentar muito sobre a qualidade dos capítulos: os nomes dos autores falavam por mim.

Este quinto volume destaca-se pela contribuição na difusão não só de resultados de pesquisas, mas também dos pensamentos e ações de profissionais que atuam na área ambiental. Vem trazer aos leitores abordagens práticas de temas interdisciplinares, passando inicialmente pela ênfase na necessidade – sempre presente – da educação ambiental nas

escolas (Capítulo 1), caminhando em seguida pelas pesquisas tecnológicas visando a melhorias de práticas agrícolas de maneira sustentada mediante emprego de biofertilizantes e polímeros superabsorventes (Capítulo 2) e à bioprospecção de palmeiras na Mata Atlântica, com simulações de clima futuro que atestam a possibilidade de maior adaptação de espécies não autóctones de palmáceas nesse bioma (Capítulo 3), e finalizando com uma aplicação, no Norte do Brasil, de ferramentas voltadas à avaliação da qualidade de ecossistemas aquáticos, baseada no monitoramento de parâmetros físico-químicos e microbiológicos (Capítulo 4). É fácil perceber que o livro constitui um amplo painel de contribuições teóricas e aplicadas, de caráter essencialmente multidisciplinar, a partir da utilização de diversas ferramentas metodológicas que evidenciam a qualidade das parcerias firmadas entre grupos de pesquisa da UNITAU e de outras instituições de ensino Superior do País. Além disso, permite ao leitor pensar o espaço de uma forma multidiversa e revela de forma qualificada e apaixonante o estado da arte entre os pesquisadores e planejadores que se dedicam ao debate sobre os temas ambientais na UNITAU. O livro torna-se uma obra de leitura obrigatória e um rico acervo de contribuições às Ciências Ambientais, apontando ainda para uma agenda ambiental atualizada, seja no nível local como nacional.

A UNITAU está no caminho certo e de parabéns!

Gilvanda Nunes

Química Industrial. Mestre em Agroquímica. Doutora em Química.

Especialista em Gestão Ambiental nas Empresas.

Professora Aposentada e Emérita da UFMA

Ex-Líder do Grupo de Estudos e Análises Ambientais, GEAA,

Coordenadora do Núcleo de Análise de Resíduos de Pesticidas, NARP,

e Diretora do Departamento de Inovação e Transferência de Tecnologia da UFMA.

Atualmente, Professora Visitante da UNITAU

SUMÁRIO

Capítulo 1.....	9
-----------------	---

Percepções da aula de campo com temas ambientais em uma escola de ensino fundamental no município do interior do estado de Rondônia

Joceli Mota Corrêa da Rocha, Simey Thury Vieira Fisch

Capítulo 2.....	39
-----------------	----

Efeitos bioquímicos e fisiológicos do uso combinado de biofertilizantes e de polímeros superabsorventes sobre o desenvolvimento vegetal

Cecília Nahomi Kawagoe Suda, Edson Rodrigues, Paulo Fortes Neto, Carolina Ribeiro Merd Damacena

Capítulo 3.....	57
-----------------	----

Distribuição de palmeiras do bioma Mata Atlântica e simulação de clima futuro na transição Ubatuba/SP a Extrema/MG

Valerim Dias, Simey Thury Vieira Fisch, Gilberto Fisch

Capítulo 4.....	76
-----------------	----

O physycal-chemical and microbiological analysis of water from shallow wells in Rolim de Moura (RO), Brazil.

Uiles Jesus Oliveira, Rosalvo Stachiw, Cecília Nahomi Kawagoe Suda, Edson Rodrigues, Paulo Fortes Neto, Gannabathula Sree Vani

Sobre os autores.....	95
-----------------------	----

CAPÍTULO 1

Percepções da aula de campo com temas ambientais em uma escola de ensino fundamental no município do interior do estado de Rondônia

Joceli Mota Corrêa da Rocha¹, Simey Thury Vieira Fisch²

INTRODUÇÃO

Os assuntos ambientais podem trazer diversas reflexões no espaço escolar, como a própria abordagem histórica da região onde se encontra inserida seu processo de colonização e os impactos causados no ambiente. Sabe-se que os estados da região norte do Brasil foram formados a partir da expansão da fronteira agrícola e, por conseguinte, da exploração ambiental, que com a derrubada da floresta e exploração de madeiras abriu espaço para pastagem e agricultura (MELLO, ALVES & LIMA, 2012).

Neste contexto a colonização de Rondônia, mais especificamente do município do interior de Rondônia, conforme Lorenzon (2002) se deu de forma mais intensa com a política efetivada pelo governo militar a partir do ano de 1964, para a ocupação da região amazônica, onde a propaganda oficial apresentava a região como o novo “Eldorado Brasileiro”.

O município do interior do estado de Rondônia foi escolhido como foco desse estudo, por conta da conquista que também ocorreu a partir de núcleos urbanos, expandindo-se para o interior em movimentos de exploração e povoamento, em busca de madeira e bens minerais, e abrindo caminho para um novo grupo de colonizadores que se estabeleciam no

¹Docente Ms. da Faculdade de Pimenta Bueno (FPB), Avenida Rio Branco, 780, Centro, Cep: 67970000, Pimenta Bueno, RO, Brasil. Email: profmota@fpb.com

²Docente Dra. do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU), Departamento de Ciências Agrárias, Estrada Municipal Dr. José Luiz Cembranelli 5000 – Fazenda Piloto – Itaim, Cep - 12081-010, Taubaté, SP, Brasil. email: simey.fisch@unitau.br

espaço aberto com a prática de atividades agropecuárias, jogando para frente às fronteiras do território ocupado.

O fato de a região norte ter como característica marcante o impacto ambiental no histórico de sua colonização, expõe a necessidade de trazer para o cotidiano das escolas os conteúdos de temáticas ambientais de forma mais incisiva com o propósito de conscientizar para postura ecologicamente correta e que corrobore para conservação e preservação do meio ambiente. Dessa forma cabe verificar como está a organização do espaço escolar para desenvolver a Educação Ambiental - EA de forma mais efetiva, onde historicamente predomina as aulas centradas na sala de aula e com local tradicionalmente estruturado para esse fim, mas que nem sempre oportunizam ações diferenciadas, como por exemplo, no trato de questões ambientais no ambiente externo, onde os alunos possam ter o contato físico com a natureza e assim implementar a EA de forma mais consistente.

Nessa abordagem a aula de campo com tema ambiental é uma ação didática pedagógica que traz a oportunidade de colocar em prática conteúdos já estudados no ambiente interno da escola e como ferramenta docente pode ser utilizada por diferentes áreas do conhecimento. Em vista disso o Tema Transversal Meio Ambiente aponta para a necessidade de a escola trabalhar com atitudes, formação de valores, ensino, aprendizagem de habilidades e procedimentos. “Esse é o grande desafio da educação, desenvolver comportamentos ambientalmente corretos que serão aprendidos na prática do dia-a-dia da escola” PCN (BRASIL, 2001).

A partir do que foi mencionado, coube analisar as percepções docentes e discentes do ensino fundamental II, de uma escola estadual do município do interior do Estado de Rondônia acerca do trabalho com temas ambientais e aula de campo. Em seguida os resultados docentes foram comparados com os registros do Projeto Político Pedagógico-PPP. Com

base no que se enfatizou destaca-se a importância da estratégia de ensino e a verificação das dificuldades de implementá-la no dia a dia da rotina escolar.

DESENVOLVIMENTO

Educação a partir dos temas ambientais no espaço escolar

Desde a antiguidade vê-se que a educação contribui para formação humana e que ela é um instrumento de transformação social a partir de conteúdos e habilidades empregados no processo de ensinar e aprender. Pensar a educação dessa maneira pode ser benéfico para suscitar possíveis mudanças em diferentes âmbitos sociais, como por exemplo, o meio ambiente. Desse modo, Carvalho (2012, p.17) destaca que “EA é herdeira direta do debate ecológico e está entre as alternativas que visam construir novas maneiras dos grupos sociais se relacionarem com o meio ambiente”.

Quanto mais cedo inserir nos estudos a sensibilização sobre as temáticas ambiental maior a possibilidade de sucesso na aprendizagem, pois o que se aprende de verdade fica para a vida toda. Segundo os PCN a “[...] fase da infância é marcada pelo desenvolvimento da linguagem oral, descritiva e narrativa das nomeações de objetos e seres vivos, o que permite aos alunos enriquecer relatos de observações realizadas e comunicá-las aos seus companheiros” (BRASIL, 2001).

Também, o Tema Transversal Meio Ambiente dispõe sobre a responsabilidade da escola em oferecer no ensino fundamental meios efetivos para que aconteça Educação Ambiental – EA:

“[...] a escola deverá ao longo do ensino fundamental, oferecer meios efetivos para que cada aluno compreenda os fatos naturais e humanos a esse respeito, desenvolva suas potencialidades e adote

posturas pessoais e comportamentos sociais que lhe permitam viver numa relação construtiva consigo mesmo e com seu meio, colaborando para que a sociedade seja ambientalmente sustentável e socialmente justa; protegendo, preservando todas as manifestações de vida do planeta; e garantindo as condições para que ela prospere em toda sua força, abundância e diversidade” (BRASIL, 2001).

Nota-se a partir do que se dispõe o dever da escola acerca da Educação Ambiental e os benefícios dessa implementação para o desenvolvimento pleno do cidadão e consequentemente a sociedade no que tange a preservação e a sustentabilidade. Esse apontamento do Tema Transversal (2001) também vem ao encontro das Diretrizes Curriculares Nacionais DCN's (2012) para a EA, visto que um dos objetivos traçado expõe que deve ser estimulado de maneira reflexiva crítica e propositiva da inserção da EA na formulação da execução e avaliação de projetos institucionais e pedagógicos da instituição e ensino, que seja integrante do currículo e também supere a mera distribuição de temas nas disciplinas.

Aulas de campo com temas ambientais

A ação de educar não é tarefa fácil de ser realizada, mas por meio da aula, que é um componente organizado pelo docente, se tem o momento propício para educar, pois através das aprendizagens o indivíduo tem condições de acumular conhecimentos e poder modificar o seu habitat natural. Medeiros, Mendonça, Sousa e Oliveira (2011, p. 10) advertem que o professor “[...] deve ligar o conteúdo ministrado às questões do cotidiano das crianças. As oficinas devem se desenvolver apoiadas nas vivências dos alunos e dos fenômenos que ocorrem a sua volta, buscando encaminhá-los com o auxílio dos conceitos científicos pertinentes”.

Nessa busca de novas formas de abordagem para a educação ambiental é apropriado o caminho de aulas mais dinâmicas, assim como a aula de campo, que conforme Barbosa, Musa, Strohschoen e Oaigen (2014, p. 175) é um “[...] rico instrumento didático, pois há uma integração entre teoria e prática, propiciando ao aluno realizar observações e refletir sobre o tema em estudo”. Oliveira e Correia (2015, p. 541) também contribuem com esse pensamento ao ressaltarem que, “[...] a aula de campo representa uma importante estratégia de ensino e aprendizagem, estimulando a curiosidade e o interesse dos alunos por novos conhecimentos”.

Na mesma linha de raciocínio Lima e Braga (2015, p. 1347) aduzem que o trabalho de campo é um recurso importante para melhor compreender a relação existente entre o espaço vivido e o conteúdo obtido em sala de aula, o que propicia ao aluno um melhor aproveitamento do que foi ensinado, “[...] tendo como objetivo principal familiarizá-lo com os aspectos físicos e naturais e com as atividades humanas relacionadas ao uso da terra, percebendo assim a identidade do lugar ou da comunidade”.

Os autores destacam que as visitas pelos estudantes são muito importantes, porque permitem que tenham conhecimento sobre as questões ambientais existentes nas localidades, assim como as medidas cabíveis para solucionar ou remediar estas ações que impactam os espaços naturais existentes na região. Além de servir como um forte instrumento de Educação Ambiental e sensibilização para os alunos, uma vez que, o homem é o principal agente modificador do meio em que vive.

Conforme as Orientações Didáticas do PCN Meio Ambiente (BRASIL, 2001), quando o professor utilizar ambientes diferenciados da sala de aula, deve ter finalidade educativa e explorar a gama de métodos existentes para transmitir e adquirir conhecimento sobre o meio ambiente, desenvolver atividades práticas e expor experiências que sejam pessoais.

Essas estratégias preconizadas pelo PCN condizem com o que se espera que seja a aula de campo e oportunizam a sistematização da EA pela escola e por todos os membros que a compõe.

Para isso, Barreto e Cunha (2016, p. 321) destacam um conceito acerca da EA com possibilidade de os indivíduos construírem na coletividade valores e “[...] entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competência voltadas para a conservação do meio ambiente”.

Tendo em vista o exposto sobre aula de campo vê-se que os conteúdos de temas ambientais podem ser trabalhados fora dos espaços de sala de aula como forma de incentivo, conscientização e a implementação da EA, pois, dessa maneira o aluno pode desenvolver sua autonomia e empoderamento de defesa, proteção e conservação do meio ambiente.

Metodologia

A metodologia da pesquisa tem essência descritiva e exploratória baseada em dados de abordagem qualitativa, tem como instrumentos questionário semiestruturado aplicado aos docentes e entrevista direcionada aos discentes com questionário de perguntas abertas e fechadas.

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido em uma escola estadual do município do interior do Estado de Rondônia, região norte do Brasil, e contou com oito docentes do 6º ao 9º ano do ensino fundamental II, desses 6 são do sexo feminino, 2 do sexo masculino, 25% são graduados e 75% são especialistas, pós-graduados *Lato Sensu*.

Sobre as áreas de conhecimento Ciências Humanas e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Linguagens, Códigos e suas Tecnologias e Matemática e suas Tecnologias foi construída

a Tabela 1 para especificar a áreas de conhecimento que os docentes se enquadram e as disciplinas que lecionam.

Tabela 1. Área de conhecimento dos docentes pesquisados na escola estudada no município do interior de Rondônia.

Docentes (6º ao 9º ano)	Disciplinas	Áreas
P1, P2, P6, P4 e P8	História, Geografia e Filosofia	Ciências Humanas e suas tecnologias
P2 e P7	Ciências	Ciências da natureza e suas tecnologias
P2 e P3	Língua portuguesa e artes	Linguagens códigos e suas tecnologias
P5	Matemática	Matemáticas e suas tecnologias

Os 28 discentes que participaram da pesquisa são do 6º ao 9º ano do ensino fundamental II, com relação ao gênero, 12 são do sexo masculino e 16 femininos. As idades variam entre 11 e 16 anos, sendo 3 do 6º ano, 14 do 7º, 6 do 8º e 5 do 9º escolhidos aleatoriamente.

A pesquisa foi organizada em quatro etapas. A primeira deu-se início com visita na escola para solicitação à direção escolar de autorização para aplicação do questionário aos docentes e entrevista com os discentes.

Na ocasião foi apresentado o projeto da pesquisa impresso e formalizada a solicitação por meio de documento.

Com a aprovação da direção em uma 2ª etapa, aplicou-se uma palestra para docentes com o tema: “*A aula de campo com temáticas ambientais*”.

A entrevista com os discentes aconteceu na 3ª etapa, durante a semana de avaliação escolar do 2º bimestre. Com o término da prova, a Coordenadora Pedagógica os encaminhou para a biblioteca da escola, onde já estavam sendo aguardados. Reunidos os discentes foram organizados em círculo e então, explicado sobre a pesquisa e aula de campo. Em seguida foi

entregue um questionário para cada um e efetuado leitura das perguntas, uma de cada vez dando espaço de tempo para que relatassem suas percepções por escrito. Somente depois se dava prosseguimento na leitura da próxima questão. A decisão de ler as questões, uma de cada vez, se deu porque as crianças do 6º ano encontraram mais dificuldade na interpretação. Na 4ª etapa analisou-se o Projeto Político Pedagógico - PPP da escola, um importante documento que traz a identidade da instituição, sua filosofia, seus objetivos, projetos e valores que corroboram para formação cidadã do discente. Nessa etapa realizou-se leitura e busca de informações relacionadas à aula de campo com temáticas ambientais e os resultados condensados em tabela. Após a aplicação do questionário docente foi realizado a comparação das respostas com as informações dispostas no Projeto Político Pedagógico da escola e organizados em tabela.

As percepções obtidas por meio do questionário docente serviram para verificar o conhecimento e as práticas com os temas ambientais em aula de campo e se os projetos e atividades desenvolvidos estavam em consonância com o PPP.

Percepções Docentes

A análise das percepções docentes foi realizada a partir dos resultados do questionário aplicado aos docentes e permitiu ter uma visão de como trabalham com a EA na escola estudada.

No espaço reservado para observações destacaram-se como pertinentes os registros deixados pelos docentes P2 e P7. O P2 relatou que já trabalhou com materiais reciclados, com vídeos que retratam a realidade ambiental local e de outras regiões do Brasil e o P7 discorreu que fez visita à área da Usina de produção de álcool e na estação de tratamento de água para analisar questões de poluição e degradação do ambiente.

As atividades descritas pelos docentes evidenciam que trabalham com temáticas ambientais dentro do espaço escolar e eventualmente fora dele, não há detalhamento sobre como os docentes conduzem essa prática fora da escola e no retorno à sala de aula. Observa-se que não adianta levar o aluno a campo sem estratégia para que percebam a relação existente entre o que ocorreu dentro e fora de sala, disponibilizando elementos que permitam compreensão e expansão do conhecimento acreditando na aula de campo com alternativa de ensino interdisciplinar. (LIMA e BRAGA, 2015). Aula de campo com temas ambientais pode ser explorada por todas as áreas de conhecimento do currículo escolar, mas a pesquisa com os docentes da escola estudada revelou que apenas três tiveram vivência de aula de campo com temas ambientais e 5 não tiveram nenhuma experiência prática com esse tema.

A razão pelo qual não fazem, em síntese, justifica-se pela “logística da distribuição de pessoal na escola, falta de apoio, estímulo e motivação para que desenvolvam essas atividades no ambiente externo da escola” (P1, P2, P3 e P5). A respeito é oportuno a advertência de Ferreira (2010, p. 89) que aduz: “[...] ou não há uma pretensão em se trabalhar à temática ambiental [...] ou o professor ainda não se percebeu como importante colaborador para a realização do complexo trabalho de conscientização ambiental”.

Vê-se que os docentes precisam entender seu papel no processo da EA, independente de sua área de conhecimento, posto que na pesquisa notou-se que o P2 e P7 são os que mais interagiram, sendo que o P2 leciona Ciências, Arte e Geografia e o P7 Ciências Biológicas. Acredita-se que por serem da área de conhecimento Ciências Naturais e suas Tecnologias tenham tido maior facilidade para discorrer sobre as questões ambientais. Por sua vez os PCNs orientam que as Áreas de Ciências Naturais, História e

Geografia serão os principais parceiros para o desenvolvimento dos conteúdos de Meio Ambiente (BRASIL, 2001).

Para outras disciplinas do currículo pode ser mais difícil esse trabalho orientado pelos PCN, uma vez que a grade curricular traz os conteúdos específicos para cada área de conhecimento e se não houver um projeto interdisciplinar que as envolvam, dificilmente o trabalho com temas ambientais serão abordados pela comunidade escolar. Nesse sentido Medeiros et al. (2011) aludem que as atividades interdisciplinares em contato com a natureza e que vem ao encontro do interesse do aluno tem maior significado:

[...] as atividades em que as crianças podem tocar, transformar objetos e materiais trazem mais prazer ao desenvolver tais tarefas exigidas pela educadora. Isto terá um significado maior para o aluno, quando ele tiver a oportunidade de conviver com o ambiente natural, assim podendo trabalhar de forma interdisciplinar, sem fragmentar o processo de construção do conhecimento.

Percebe-se a necessidade e ao mesmo tempo dificuldades entre os docentes da aplicação de estratégias diferenciadas para a EA, visto que os docentes (P1, P2, P3, P5 e P7) registraram situações comuns da rotina do trabalho em sala de aula e pontuaram como empecilho para adoção de tais estratégias: “o espaço entre uma aula e outra é curto; a dificuldade de locomoção e o tempo previsto, muitas aulas e não há pessoas que fiquem com as turmas enquanto se está fora com o projeto; a indisciplina é um impactante para tirar o aluno da escola e fazer aula de campo; a falta de interesse e foco dos alunos; falta de material didático”.

Ficou nítida a dificuldade encontrada pelos docentes para preparar e aplicar aula em ambiente externo da sala de aula, uma vez que trazem argumentos

para justificar o fato de não desenvolverem aula de campo estar atrelados ao planejamento da escola e do docente. Segundo Piletti (1997, p. 334) “[...] planejar evita rotina, imprevisto e possibilita ao docente a escolha assertiva de recursos e estratégias”.

Neste sentido Viveiro (2006, p. 120) também alerta para as questões de uso diferenciado de material, estratégias de ensino, reformulação do ambiente de aula a fim de sair da rotina do livro didático e uso desregrado da lousa. Para isso, cita as Diretrizes Curriculares para Educação Básica que traz o seguinte embasamento:

As Diretrizes Curriculares para a Educação Básica (2002) apontam para a necessidade de reformular ambientes e materiais de aprendizagem, pois é indispensável que, numa sociedade de múltiplas linguagens, o ensino também potencialize diversas fontes de informação, não se restringindo ao costumeiro uso da lousa, livro didático e comunicação oral.

Nas percepções docentes também é possível verificar o apontamento de culpa sobre os alunos pela indisciplina, falta de interesse e foco, entretanto faz-se necessário refletir sobre o papel do docente no processo de planejamento da aula, uma vez que está bem planejada atrai o aluno para o que se deseja. Todavia, Castanha e Castro (2010, p. 32) apontam sobre a grande tarefa da educação em nossos dias para pensar e construir o conhecimento dos jovens da geração “Y”, repensar no espaço de construção de conhecimento desses alunos bem como a formação docente:

“[...] a geração Y chega à escola conectada com o mundo, desafia diariamente as estratégias pedagógicas utilizadas, pois muitos alunos já construíram diferentes formas de pensar e de aprender. [...] Diante dessa constatação, alunos

digitais e sistema analógico, é necessário um momento de reflexão que possibilite a construção de diferentes formas de aprender. Precisamos pensar a forma de construir conhecimento desses jovens, modificar a maneira de se relacionar com eles, propor uma nova geografia para os espaços de aprendizagem e rever a formação dos professores.”

Acredita-se que para a aprendizagem ter um significado positivo para o aluno “Y” precisará minimizar a prática docente presa à exposição de sala de aula e converter-se em uma prática mais ativa onde os estudantes são levados a observar a realidade de uma maneira atenta e identificar aquilo que na realidade está se mostrando como inconsistente (Piletti, 1997; Melo 2012).

À vista disso é oportuno frisar os registros realizados pelos docentes P7 e P10 que refletem uma ideia do que se espera de resultados de uma aula de campo planejada e aplicada, já que essa prática não faz parte da realidade de todos os docentes da escola estudada: “a exposição com o concreto, real, palpável possibilita melhor fixação do conteúdo estudado (P7)”; “é possível despertar a curiosidade e entusiasmo do discente se bem planejada essa aula (P10)”.

Em análise comparativa das percepções registradas com a literatura de Corrêa Filho (2015) constata-se a importância da aula de campo e suas contribuições na construção do cidadão ativo e participativo “[...] desde que devidamente planejadas, contribuem para novas perspectivas sobre a realidade e sobre os seres que dela fazem parte e, simultaneamente, possibilitam uma ação transformadora e de uma intervenção crítica sobre o real” (Corrêa Filho, 2015, p. 98). Por esse motivo, cabe trazer o que afirma Moreto (2009, p. 23) “[...] todo planejamento busca estabelecer a relação entre a previsibilidade e a surpresa”.

No ensejo do que Moreto (2009, p. 54) discorreu a aula aplicada sem planejamento prévio corre o risco de não atender parte do que o docente P7 destacou na pesquisa: “[...] na maioria das vezes a aula diferenciada possibilita o desenvolvimento e as capacidades de aprendizagens dos alunos [...]”. Acredita-se que o planejamento sirva exatamente para evitar resultado como o exposto: “[...] alguns alunos que se mostram indiferentes (P7)”.

Em outras palavras o docente P7 traz um contexto que se acredita estar presente em todos os espaços educacionais e que este é um grande desafio para o docente, encantar aqueles que não se sentem encantados. O docente ao escolher e aplicar sua aula no espaço da sala, não tem garantido que vai atingir os objetivos de aprendizagens em sua totalidade, ainda mais em se tratando de conteúdos sobre o Meio Ambiente que não é disciplina e sim, Temas Transversais (BRASIL, 2001). Ainda assim, vale destacar a palavra que aparece nas percepções dos docentes P2 e P7: “conscientização”. Esta se encontra em conceitos da Educação Ambiental e da aula de campo presente na legislação de direito ambiental, na LDB 9394/96 em documentos como os PCNs, Brasil (2001); Iared e Oliveira (2011); Araújo, da Silva, Silva, Santos e de Araujo (2015) e Lima e Braga (2015).

O que se pode presumir é que mesmo não aplicando aula de campo os docentes da escola estudada têm ideia de que o uso dessa metodologia seria importante para aprendizagem dos alunos do Ensino Fundamental II.

Nesse sentido, Viveiro (2006, p. 45) ao tratar da prática docente argumenta que “[...] falta, sobretudo, preparo para que o professor consiga, dentro de todas as limitações e dificuldades que permeiam sua prática,

explorar as atividades de campo também para desenvolver valores, atitudes, indo além dos conteúdos exigidos pela grade curricular".

Com isso, os dados coletados permitiram constituir um diagnóstico da maneira como os docentes que trabalham no currículo temas ambientais, desenvolvem essa prática. Por conseguinte os resultados obtidos permitem aferir que os professores precisam saber o que é a Educação Ambiental-EA antes de tornarem-se professores e na ênfase desse pensamento o PCN (Brasil, 2001) orienta que:

“[...] o professor precisará conhecer mais amplamente os conceitos e os procedimentos para abordar de modo adequado à faixa etária [...] cabe ao professor conhece-los cada vez melhor para que, a partir desse conceito possa integrar os diversos conteúdos e abordar a realidade natural social de forma mais abrangente e rica, mostrando como seus elementos se interconectam, se complementam e interagem entre si”.

Desse modo, ainda de acordo com os PCN, “[...] não significa que os professores precisam saber de tudo para desenvolver um trabalho junto aos alunos, mas sim que deverão se dispor a aprender sobre o assunto” para então poder interdisciplinarmente no tocante a assuntos ambientais ter o mínimo de conhecimento para explorar com os discentes de maneira segura e tranquila que transmita uma confiabilidade por parte do grupo de discentes (BRASIL, 2001).

Por último, verificou-se que os oitos docentes entendem que a aula de campo pode despertar curiosidade e entusiasmo discente, assim como esse formato de aula, mesmo esporádico, pode trazer bons resultados. No entanto, o que se percebe é que os docentes embora tenham essa concepção se prendem na rotina de trabalho e deixam de oportunizar outras estratégias, como a aula de campo.

Seguem as representações gráficas dos resultados do questionário aplicado aos docentes da escola estudada no município do interior de Rondônia (Figuras 1, 2, 3 e 4).

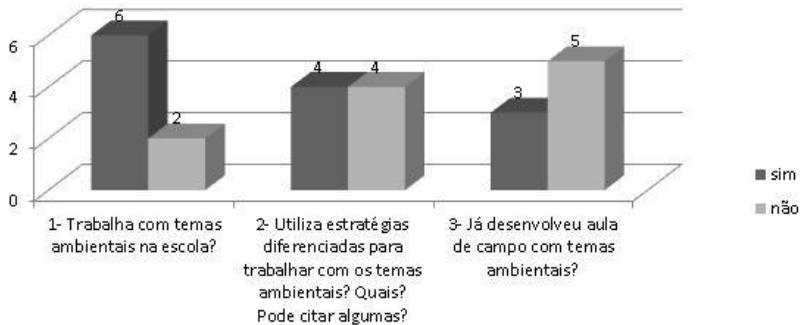


Figura 1. Respostas às questões 1, 2 e 3 do questionário aplicado ao docente da Escola estudada no município do interior de Rondônia

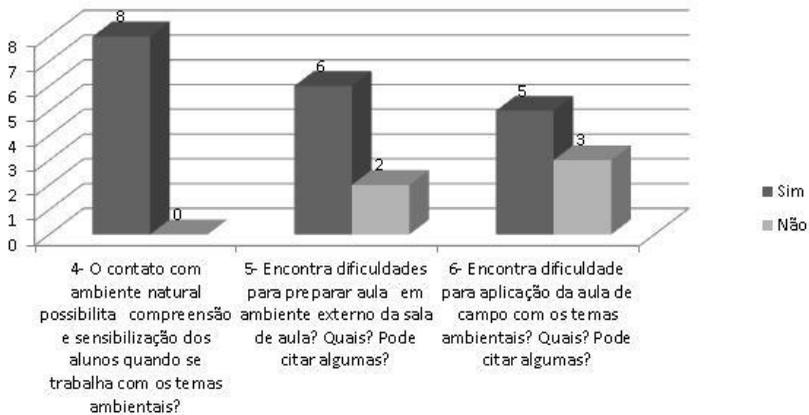


Figura 2. Respostas às questões 4, 5 e 6 do questionário aplicado ao docente da Escola estudada no município do interior de Rondônia

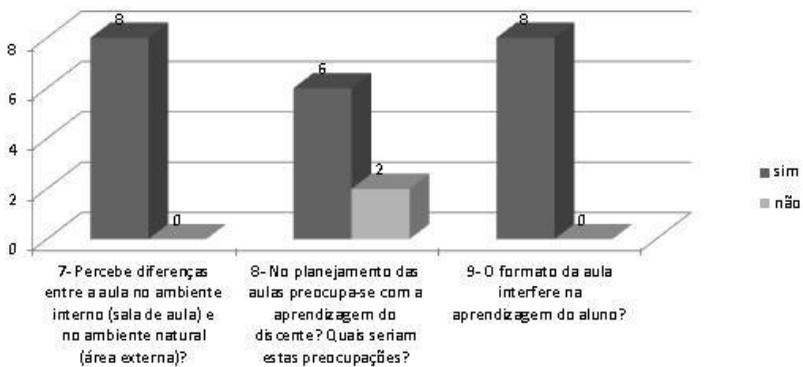


Figura 3. Respostas às questões 7, 8 e 9 do questionário aplicado aos docentes da Escola estudada no município do interior de Rondônia

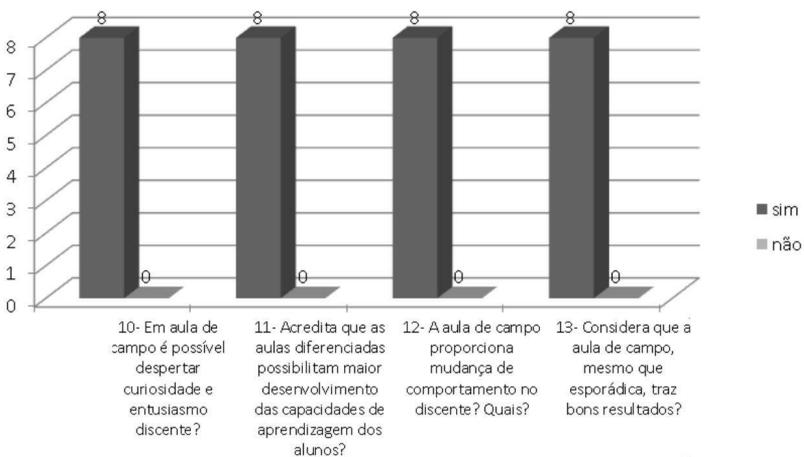


Figura 4. Respostas às questões 10, 11, 12 e 13 do questionário aplicado ao docente da Escola estudada no município do interior de Rondônia

Percepções Discentes

A análise das percepções discentes foi realizada a partir dos resultados da entrevista que conduziu à evidências de como os professores trabalham com a EA na escola estudada.

Os resultados demonstram que os discentes não tiveram vivência com aula de campo e acreditam que se tivessem essa oportunidade haveria a possibilidade de melhorar a aprendizagem como pode ser observado nos relatos dos discentes A2, A3, A11 e A12: “os professores poucas vezes desenvolvem aula de campo (A2 e A3)”; “os professores não fazem aula de campo, mas gostaria de ter, seria mais fácil de entender alguns conteúdos” (A11); “seria mais fácil entender alguns conteúdos A 12”.

A percepção do A11 e A12 remete ao conceito de Seniciato e Cavassan (2004, p. 37) que orientam, “[...] ambientes naturais têm sido apontados como uma metodologia eficaz tanto por envolverem e motivarem crianças e jovens nas atividades educativas, quanto por constituírem um instrumento de superação da fragmentação do conhecimento”. Apesar de não terem a experiência com a aula de campo, isso não os impedem de imaginar os benefícios que poderiam trazer para aprendizagem.

No tocante à fixação da aprendizagem Zóboli (1998, p. 97) explica o fenômeno da assimilação por parte do aluno do que foi aprendido em sala de aula. “O aluno só aprende fazendo, participando, quando ele tem interesse na atividade que executa: proveniente do meio ambiente, do professor ou do próprio aluno”. Verifica-se que a fala da autora contribui com a percepção exposta pelos discentes A2, A3, A11 e A12, visto que para aprendizagem é de grande valia a participação e interesse do aluno nas atividades propostas.

Diante do exposto cabe também abordar as percepções discentes registradas sobre o ambiente de aprendizagem: “aprendo mais com aula de campo, assim eu entendo melhor (A2)”; “aprendo mais no campo (A3)”; “no ambiente, pois desperta mais a curiosidade do aluno (A7)”; “não temos

aula em campo, então temos que aprender em sala (A11)”; “no campo, pois entendo bem melhor (A16)”; “porque em campo você aprende mais com aula prática (A19)”; “na aula de campo eu acho que o aluno aprende mais, porém não temos aula de campo (A20)”. Nota-se que houve pouca exploração das aulas de campo, com incidência de discentes que não tiveram essa experiência, tal situação pode ser decorrente tanto da falta de incentivo para o docente e falta de despertar para a importância de se buscar novos parâmetros para a conscientização ambiental. Em conformidade com esse pensamento Seniciato e Cavassan (2004, p. 140) explicam que “[...] metodologia de aula de campo são mais envolventes, motivadoras e auxiliam na aprendizagem de conhecimentos científicos, bem como uma complexa visão dos fenômenos naturais”.

A abordagem sobre aula de campo de Seniciato e Cavassan (2004) faz pensar sobre o fato dos discentes A11 e A12 terem registrado como normalidade a aula com conteúdos de ênfase ambiental acontecer em sala e que o local onde ela ocorre não interfere na aprendizagem. Dá-se a entender com a afirmação dos discentes que uma aula fora desse ambiente seria algo fora dos padrões ou ainda que uma aula realizada em campo pudesse ser algo especial, fora do usual a que estão acostumados. O que se pode compreender sobre essa realidade é que talvez esses alunos não tenham vivenciado aula de campo, sendo assim, não tem como ter a certeza que o formato da aula interfira na aprendizagem.

Em termos didáticos o formato da aula pode interferir no alcance dos objetivos e metas propostas e o resultado disso pode ser o comprometimento tanto do ensino como da aprendizagem e Haydt (2009), p. 207) alerta que “[...] ao escolher um procedimento de ensino, o professor deve considerar a adequação dos objetivos; a natureza do conteúdo para o ensino e aprendizagem; as características de seus alunos e o grau de interesse”.

Na coluna de observações dois registros discentes retratam parte do contexto do ensino fundamental II: “aula de campo traz benefícios e possibilita aprendizagem (A19)”, “não temos aula de campo (A20, A11, A12 e A15)”. Essa realidade desperta para uma reflexão: existe a percepção de quão benéfica é a aula de campo e ao mesmo tempo essa prática é inexistente. Diante do exposto, Corrêa Filho (2015, p. 102) explica sobre as expectativas que a aula de campo gera nos alunos, “[...] o conjunto de sensações, emoções e sentimentos que uma aula de campo suscita nos estudantes envolvidos gera curiosidade epistemológica e motivação suplementares para aprendizagem”. Desse modo, cabe uma indagação acerca dos 9 discentes que afirmaram na entrevista não aplicar no dia a dia as aprendizagens sobre meio ambiente. Essa afirmação aponta para uma infinidade de situações que podem estar levando esse comportamento negativo, como por exemplo, a metodologia abordada pelo docente que pode não ter surtido efeito positivo sobre o discente de modo que o atraísse para os conteúdos de estudo, o aluno não ter aprendido ou estar pouco sensibilizado com as causas ambientais, o que remete a explicação de Corrêa Filho (2015) sobre os efeitos da aula de campo que influi nas percepções discente.

Acredita-se que compete ao docente passar uma mensagem clara e objetiva da conscientização ambiental, bem como trazer bons exemplos de preservação do meio ambiente reforça a ideia de se preocupar em fazer uma aula mais dinâmica e a exemplo disso à aula de campo é uma ação positiva para aumentar a percepção ambiental. Nesse sentido de responsabilidade convém trazer a fala do discente A17: “devemos cuidar do planeta”. Essa percepção do discente é curiosa e faz pensar a teoria firmada, afinal foi aprendida na escola, na televisão na Internet ou onde? Nesse ponto é bom registrar que o discente pode aprender conceitos e teorias por meios de tecnologia, redes sociais e mesmo em locais que a natureza oferece fora da sala de aula.

A partir dos resultados encontrados evidenciou-se que mesmo não contemplando aulas de campo os alunos afirmam que os professores ao tratar de temas ambientais procuram fazer com que haja conscientização ambiental dentro da sala de aula: “a metade das coisas é na escola (A11)”; “a maior parte é desenvolvida em sala sem experiências (A12)”; “as aulas em campo ajudam mais na aprendizagem (A17)”. Vê-se que nas declarações dos alunos fica implícito que sentem falta de aula de campo que abordam temáticas ambientais.

Nesse ponto de vista, Silva e Pernambuco (2014, p. 132) ao abordarem em seu trabalho sobre Paulo Freire: uma proposta ético-crítica para a educação ambiental destacam que, “[...] o processo educacional possibilita a formação ética de agentes transformadores, capazes de pensar e agir criticamente na especificidade da EA”. Isso significa de acordo com os autores, “[...] transformar a escola em espaço de construção de cidadão ético também na dimensão ecológica, sujeitos capazes de realizar uma análise crítico-humanizadora das relações entre homem e natureza”.

Cabe aqui uma reflexão acerca dos resultados encontrados nas respostas da entrevista discente: Os docentes trabalham temas ambientais, mas presos no espaço da sala de aula e não aplicam aula de campo.

Por outro lado, os discentes sentem necessidade das aulas de campo, acreditam que estas auxiliariam no entendimento de conteúdos mais complexos, além de contribuir para sua aprendizagem e mudança de comportamento. A aula de campo como atividades práticas da EA, oportunizaria ao docente agregar valor do que foi estudado em sala como as temáticas ambientais no espaço externo da escola e assim sensibilizar os discentes para a necessária consciência de valorização, preservação e conservação ambiental. Por conseguinte, expõe-se a representação gráfica que ilustra os resultados da entrevista aplicada aos discentes da Escola Estadual no Município do interior de Rondônia (Figuras 5, 6 e 7).

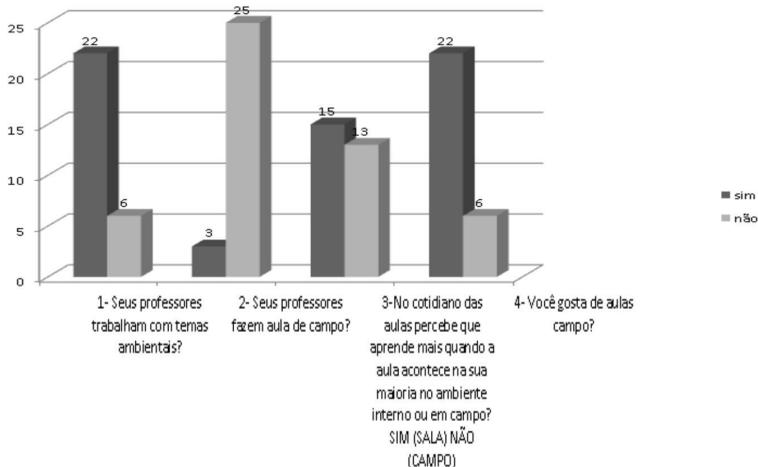


Figura 5. Respostas às questões 1, 2, 3 e 4 da Entrevista aplicada aos discentes da Escola estudada no município do interior de Rondônia

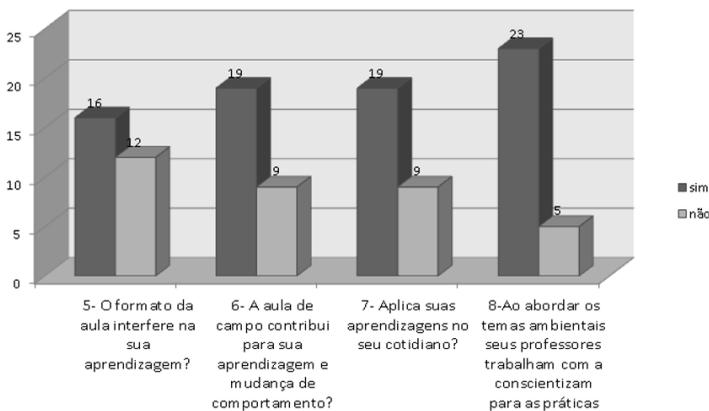


Figura 6. Respostas às questões 5, 6, 7 e 8 da entrevista aplicada aos discentes da Escola estudada no município do interior de Rondônia

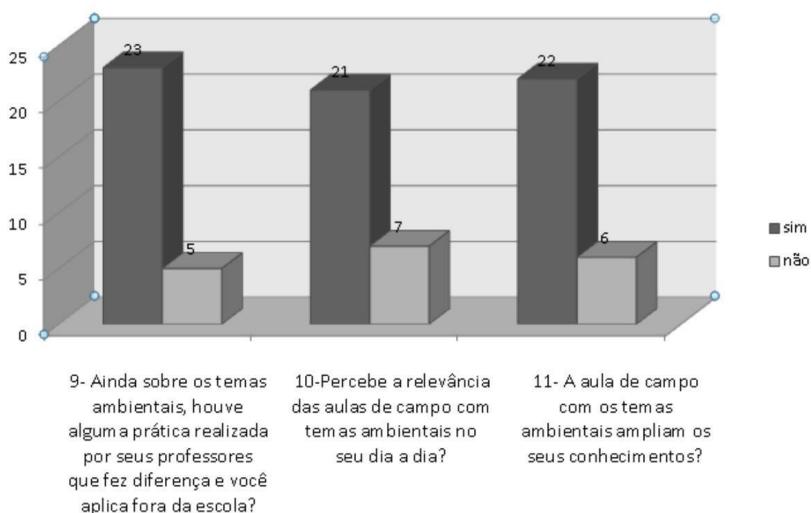


Figura 7. Respostas às questões 9, 10 e 11 da entrevista aplicada aos discentes da Escola estudada no município do interior de Rondônia

Análise do Projeto Político Pedagógico da escola estudada

Para dar início a análise do Projeto Político Pedagógico-PPP se faz necessário entender o que é esse documento e qual a sua importância. O PPP é um documento que retrata a identidade da escola e que indica caminhos a serem percorridos no processo de ensino e de aprendizagem e principalmente nos planejamentos de modo geral que envolve o dia a dia da escola a curto e longo prazo.

A esse respeito, cabe apresentar o que pensam alguns estudiosos acerca do PPP: Veiga (2010, p. 20) o trata como um projeto de construção possível e que “[...] visa qualidade em todo processo vivido [...] tem a ver com a organização do trabalho pedagógico, organização da escola,

organização da sala de aula, incluindo uma relação com o contexto social imediato, procurando preservar a visão de totalidade” e destaca que o Projeto Político Pedagógico é (VEIGA, 2010; SANTIAGO, 2010):

Documento que se constitui na processualidade das práticas, indicando rumos e indicadores para verificação dos resultados das ações. Um documento facilitador e organizador das atividades, registro mediador entre a tomada de decisões, a condução das ações e a análise de suas consequências.

Ainda sobre o PPP, Gadotti (2001, p. 111) afirma que “[...] existem muitos caminhos, inclusive para a aquisição do saber elaborado. E o caminho que pode ser válido numa determinada conjuntura, num determinado local ou contexto, pode não ser em outra conjuntura ou contexto”.

Pode-se entender a partir desses diversos conceitos que o PPP norteia as práticas dentro do espaço escolar, auxilia e dá suporte para o trabalho docente. Por ser um documento flexível, de tamanha relevância e amplitude possibilita o desenvolvimento de um trabalho educativo de maior qualidade. Construído dentro de uma abordagem coletiva, propicia a participação dialógica de gestores, funcionários administrativos, pais, alunos e professores. Visto as várias ideias sobre o Projeto Político Pedagógico, coube detalhar como foi realizado o estudo deste documento: leitura exploratória, levantamento dos elementos que fizessem menção à aula de campo e temas ambientais.

Para isso desenvolveu-se a Tabela 2 que apresenta uma análise do Projeto Político Pedagógico da escola pesquisada, onde estão expostas as proposições sobre os temas ambientais e aula de campo. A tabela foi organizada com sete proposições para marcar “X” quando sim, parcialmente

ou não; a última coluna foi denominada de observações para registrar dados encontrados no PPP da escola em concordância com a primeira coluna de proposições.

Tabela 2. Análise do Projeto Político Pedagógico da escola estudada no município do interior de Rondônia

Proposições	Sim	Parcialmente	Não	Observações
1-A missão da escola contempla temas ambientais?	X			“[...] educação de qualidade, pautadas no princípio de uma democracia participativa, comunitária, ambiental, tornando-se um espaço de socialização e desenvolvimento do educando, preparando-o para a plena cidadania.”
2-A visão da escola contempla temas ambientais?			X	“Sermos reconhecidos pela excelência no ensino prendizagem pelo intermédio do trabalho em equipe, buscando qualidade no atendimento à comunidade”.
3-A escola possui projetos com temas ambientais		X		“Projeto Vida sem desperdício”
4-A escola trabalha com temas ambientais	X			Visitas a Usina de Alcool e Estação de Tratamento de Esgoto
5-Tema projeto de campo com temas ambientais		X		Visitas a Usina de Alcool e Estação de Tratamento de Esgoto
6-A escola trabalha com consciência ambiental dos professores, funcionários, alunos e familiares.	X			Palestras sobre “Consumo racional de uso de energia elétrica”, “Dengue e Meio Ambiente” e o “Projeto Vida sem desperdício”.
7-A formação continuada dos professores contempla temas ambientais.			X	

A análise do Projeto Político Pedagógico possibilitou verificar as atividades que a escola estudada desenvolve com ênfase ambiental e se trabalham com aula de campo. Na Missão como pode ser analisado em parte dela: “[...] educação de qualidade, pautada nos princípios de uma democracia participativas, comunitária, ambiental, tornando-se um espaço cultural de socialização e desenvolvimento do educando, preparando-o para o exercício de sua plena cidadania”, vê-se que na Missão a temática ambiental está presente. Todavia no que se refere a projetos, a escola

registrou “Vida sem desperdício” (uso irracional da energia), palestra com temáticas que pertencem a questões ambientais e um fato relevante evidenciado é que nenhum dos participantes da pesquisa (docentes e discentes) fez menção ao projeto “Vida sem desperdício”.

A aula de campo é uma metodologia que pode beneficiar o docente que precisa aplicar um conteúdo de temáticas ambientais e o discente que vai aprender. Na leitura exploratória não foi evidenciado nenhum projeto que fizessem menção a aula de campo com temas ambientais, apenas atividades como visitas que podem ser caracterizadas parte dessa aula, mas que também não está explicitado. O fato da ausência de projeto acaba por justificar o resultado encontrado no questionário docente e na entrevista com os discentes onde três docentes declararam ter trabalhado com aula de campo e somente três alunos afirmaram que seus professores trabalham com aula de campo.

Para conscientização ambiental do público da escola (professores, alunos, famílias, equipe administrativa, Serviços gerais) conforme resultados do questionário aplicado aos docentes, a escola organiza palestras que abordam conteúdo de temática ambiental, mas se observar o PPP não há detalhamento se essas palestras fazem parte de algum projeto ou são aleatórias no decorrer do ano letivo.

Constata-se a partir das análises a necessidade de ajuste neste documento, em razão de discrepância entre as atividades desenvolvidas pelos docentes e o que está registrado no PPP, pode ser que não haja um alinhamento do trabalho com os temas ambientais.

Nesse sentido, pode-se refletir a partir da literatura que a ação de ajuste desse documento pode possibilitar a toda equipe escolar o realinhamento das ações e projetos, visto que esse documento, de acordo com a Lei de Diretrizes e Base da Educação 9394/96, deve ser democrático,

permitindo o diálogo, a discussão de ideias, pois desse modo se torna possível à escola atender as necessidades, sonhos, idealizações da comunidade local.

A construção coletiva é uma oportunidade para analisar o cotidiano da escola e da sala de aula, traçar metas e estratégias como ressalta Veiga (2010, p. 31) ao sugerir elementos pertinentes para a construção do PPP, “[...] pelo menos sete elementos básicos podem ser apontados: as finalidades da escola, a estrutura organizacional, o currículo, o tempo escolar, o processo de decisão, a relação de trabalho, a avaliação”.

Para tanto verifica-se que a equipe da escola estudada precisa dialogar, planejar e estudar estratégias para implementar a EA. A partir do planejamento participativo dá vez e voz aos indivíduos da escola. Cada um pode trazer suas dificuldades, limitações e também suas potencialidades. Esse é um momento importante para a equipe de gestão (direção, supervisão e Orientação), equipe administrativa, alunos e familiares. A Comunidade externa pode contribuir nesse momento trazendo soluções que por vezes o pessoal interno da escola por estar presente todos os dias não consegue ter a visão do todo.

Essa coletividade de ideias vai contribuir para uma tomada de decisão mais assertiva com foco na real situação, agregando valor cultural, social e ambiental. As práxis escolares precisam estar alinhadas e registradas no PPP, por esses motivos bibliográficos e de análise das práticas da escola estudada se constata a necessidade de um realinhamento da construção do PPP.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do questionário docente demonstraram que os temas ambientais são desenvolvidos dentro da sala de aula e não trabalham com aula de campo; falta incentivo para inserir os temas ambientais nas aulas com estratégias diferenciadas, ausência de motivação e principalmente formação específica de Educação Ambiental EA para a compreensão adequada e conscientização ecológica dos alunos.

Para os docentes da escola pesquisada são grandes os desafios para implementarem a prática educativa com aula de campo, os limites ao qual se deparam podem estar vinculados a falta de formação inicial e continuada, que de certa forma ao analisar documentos como as DCN's para EA(2012), os PCN's (2001), a Lei nº 9.795/99 que dispõe sobre a EA e institui Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), todos eles apontam para a responsabilidade das instituições na capacitação dos docentes na área ambiental.

Assim, as escolas a partir desses documentos são incumbidas de preparar a formação continuada, motivá-los para os estudos necessários, debater, compartilhar experiências e conhecimentos acerca da EA. A equipe gestora precisa apoiar sua equipe para as práticas, projetos com aula de campo e isso será possível a partir do diálogo coletivo e democrático.

Constatou-se a partir dos relatos docentes as dificuldades para sair da escola, para planejar e aplicar a aula de campo. Essas dificuldades precisam ser sanadas visto que trabalhar a EA não é opcional das escolas e sim uma obrigatoriedade de acordo com a legislação vigente. Porém há que se refletir também sobre a obrigatoriedade que pode levar o indivíduo a fazer por fazer as ações necessárias somente para cumprir com a legislação. Em comparação dos resultados docente com o Projeto Político Pedagógico observou-se que não há Projetos para o desenvolvimento de aula de campo.

Há falta de alinhamento das atividades docentes com o PPP, demonstrada por uma linguagem diferente entre os professores e o documento da Escola, o que pressupõe ausência da interdisciplinaridade com o tema entre as demais disciplinas curriculares.

A entrevista com os discentes apontou que não há aula de campo com conteúdo de temas ambientais sendo oferecidas e os professores trabalham com esses temas fechados na sala de aula. Os alunos têm uma ideia de que estas seriam benéficas para aprendizagem, que possibilitaria a conscientização e conseqüentemente mudança de comportamento. Porém constata-se que não tiveram esse tipo de vivência.

De modo geral os resultados demonstram que o professor pode ter conhecimento do benefício de boas práticas para o desenvolvimento da EA, mas se não houver incentivo, motivação e formação não se consolida. Este estudo contribui para reflexão do trabalho docente com temas ambientais de escolas de ensino fundamental II, bem como a possibilidade do uso da aula de campo que caracteriza uma importante ferramenta didática para a aplicação da Educação Ambiental. A aula de campo corrobora para aprendizagem, conseqüentemente para formação cidadã, mas para implementação desta há que se pensar na formação inicial e continuada dos docentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J. M., da SILVA, G. F., SILVA, L. B., dos SANTOS, G. R.; ARAÚJO, J. I. M. Educação Ambiental: A importância das aulas de campo em ambientes naturais para a disciplina de biologia no ensino médio da escola Joaquim Parente na cidade de Bom Jesus– PI. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v.8, n.2, p.25-33. 2015.

BARBOSA, L. N.; MUSA, C. I., STROHSCHOEN, A. A. G.; Oaigen, E. R. Trilhas ecológicas temáticas: uma abordagem transversal utilizando o tema resíduos sólidos. **Revista Destaques Acadêmicos**, v.6, n.3, p.178-195. 2014.

BARRETO, L. M.; CUNHA, J. S. Concepções de meio ambiente e Educação Ambiental por alunos do ensino fundamental em Cruz das Almas (BA): um estudo de caso. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v.11, n.1, p.315-326. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. (2001) **Parâmetros curriculares nacionais: meio ambiente: saúde**. (3ª ed.) Brasília: A Secretaria.

BRASIL, Lei nº 9.394, de 20 dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e base da educação nacional**. Congresso Nacional, Brasília, 1996.

CARVALHO, I. C. de M. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. São Paulo: Editora Cortez, 2012. 256p.

CASTANHA, D.; de CASTRO, M. B. A necessidade de refletir sobre as estratégias pedagógicas para atender à aprendizagem da Geração Y-DOI: [http://dx. doi.org/10.15599/0104-4834/cogeime](http://dx.doi.org/10.15599/0104-4834/cogeime). v19n36p27-38. **Revista de EDUCAÇÃO do Cogeme**, v.19, n.36, p.27-38. 2010.

CORRÊA FILHO, J.J. **Aula de campo: como planejar, conduzir e avaliar?** Petrópolis: Editora Vozes, 2015. 134p.

FERREIRA, E. **Educação Ambiental e desenvolvimento de práticas pedagógicas sob um novo olhar da ciência química**. 2010. 115 f. Dissertação (Mestrado em Educação) Centro Universitário Salesiano de São Paulo. Americana-SP, 2010.

GADOTTI, M; ROMÃO, E.J. **Autonomia da Escola: Princípios e Propostas**. São Paulo: Editora Cortez, 2001. 166p.

HAYDT, R. C. C. **Curso de didática geral**. (8ª ed.) São Paulo: Editora Ática, 2009. 327p.

IARED, V. G.; OLIVEIRA, H. T. D. Concepções de Educação Ambiental e perspectivas pedagógicas de professoras do Ensino Fundamental. **Educação em Revista**. v.27, n.2, p.95-122. 2011.

LIMA, R. A.; BRAGA, A. G. S. A relação da educação ambiental com as aulas de campo e o conteúdo de biologia no ensino médio. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology**, v.18, n.4, p.1345-1350. 2015.

LORENZON, A.R. **Pimenta Bueno: um pouco de sua história**. Porto Velho: Grafiel, 2002.

MEDEIROS, A. B. D., MENDONÇA, M. J. S. L., SOUSA, G. L. D.; OLIVEIRA, I. P. D. A Importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais. **Revista Faculdade Montes Belos**, v.4, n.1, p.1-17. 2011.

MELLO, I.A.Y.; ALVES, D.S.; LINHARES, A.C.; LIMA, B. F. Avaliação de técnicas de classificação digital de imagens Landsat em diferentes padrões de cobertura da terra em Rondônia. **Revista Árvore**, v.36, n.3, p. 537-547. 2012.

MORETTO, V. P. **Planejando a educação para o desenvolvimento de competências**. Petrópolis: Editora Vozes, 2009.

OLIVEIRA, A.P.L.; CORREIA, M.D. Ensino e Aprendizagem Através do Registro de Aula de Campo Utilizando Diário de Bordo. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação e Ciência**, v.15, n.3, p.537- 554. 2015.

PILETTI, C. **Didática geral**. (20ª.ed.) São Paulo: Editora Ática, 1997. 256p.

SANTIAGO, A. R. F. Projeto Político-Pedagógico da escola: desafio à organização dos educadores. In:VEIGA, I. P. A. (Org.) **Projeto Político-Pedagógico da Escola. Uma Construção Possível**. 28ª ed. Campinas, Editora Papirus, 2010. p157-178.

SENICIATO, T.; CAVASSAN, O. Aulas de campo em ambientes naturais e aprendizagem em ciências: um estudo com alunos do ensino fundamental. **Ciência & Educação**, v.10, n.1, p.133-147. 2004.

SILVA, A.F. G.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. Paulo Freire: uma proposta pedagógica ético-crítica para a educação ambiental. In: LOUREIRO, C. F. B.; TORRES, J. R. (Orgs.). **Educação ambiental dialogando com Paulo Freire**. 1ª ed. São Paulo: Editora Cortez, 2014, p.116-154.

VEIGA, I. P. A. (2010). Projeto Político-Pedagógico da Escola: Uma Construção Coletiva. In: VEIGA, I. P. A. (Org.) **Projeto Político-Pedagógico da Escola. Uma Construção Possível**. (28ª ed., 11-35p.) Campinas: Papirus.

VIVEIRO, A. A. **Atividades de campo no ensino das ciências: investigando concepções e práticas de um grupo de professores**. 2006. 174 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência)-Universidade Estadual Paulista (UNESP). Faculdade de Ciências, Bauru, 2006.

ZÓBOLI, G. B. **Práticas de Ensino: subsídios para atividade docente**. São Paulo: Editora Ática, 1998. 152p.

CAPÍTULO 2

Efeitos bioquímicos e fisiológicos do uso combinado de biofertilizantes e de polímeros superabsorventes sobre o desenvolvimento vegetal

Cecilia Nahomi Kawagoe Suda¹; Edson Rodrigues¹; Paulo Fortes Neto¹; Carolina Ribeiro Merl Damacena²

INTRODUÇÃO

A humanidade tem causando mudanças ambientais globais e atualmente é a maior impulsionadora dessa mudança, podendo estar introduzindo uma nova época geológica, o Antropoceno. A agricultura é a maior condutora mundial dessas mudanças e, ao mesmo tempo, é a mais afetada por elas. A agricultura é a chave para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU de erradicar a fome e garantir alimentos para uma população mundial crescente de 9 a 10 bilhões até 2050, o que pode exigir um aumento na produção global de alimentos entre 60 e 110%. A agricultura é a maior usuária de água doce do mundo, que desvia 70% dessa água (quase 6.000 km³ ano⁻¹). Estima-se que a agricultura intensiva sustentável deveria propiciar um aumento de 50% na produtividade da água até 2030. A agricultura é também responsável por alterar os ciclos globais de nitrogênio e fósforo (ROCKSTRÖ *et al.*, 2017). O desenvolvimento da tecnologia agrícola é essencial para que objetivos almejados sejam atingidos.

⁽¹⁾Docente Doutor do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU), Departamento de Ciências Agrárias, Estrada Municipal Dr. José Luiz Cembranelli 5000 – Fazenda Piloto – Itaim, Cep - 12081-010, Taubaté, SP, Brasil. email:cnksuda@hotmail.com

⁽²⁾Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU), Departamento de Ciências Agrárias, Estrada Municipal Dr. José Luiz Cembranelli 5000 – Fazenda Piloto – Itaim, Cep - 12081-010, Taubaté, SP, Brasil

O uso de biofertilizantes e de polímeros retentores de água (hidrogéis) fazem parte dessa tecnologia. O presente trabalho teve como objetivo verificar o estado da arte quanto a utilização conjunta dessas técnicas, além das consequências bioquímicas e fisiológicas do uso de hidrogel no desenvolvimento vegetal.

DESENVOLVIMENTO

Biofertilizantes

A agricultura, que utiliza fertilizantes químicos sintéticos e pesticidas, é uma das atividades humanas que contribuem significativamente para geração de poluentes químicos ambientais (VEJAN et al., 2016). O uso excessivo de fertilizantes nitrogenados pode gerar óxido nítrico (N_2O), que é um gás 300 vezes mais potente que o CO_2 na geração do efeito estufa e, portanto, do aquecimento global. Além disso, N_2O apresenta também potencial para destruição da camada de ozônio (POMOWSKI et al., 2011). O uso excessivo do fertilizante nitrato de amônio aumenta a oferta de amônia para as plantas, as quais não necessitarão da amônia produzida pelas bactérias fixadoras de nitrogênio, e, com isso, há redução da fixação biológica de nitrogênio no solo. Além disso, as bactérias nitrificantes utilizam o excesso de amônio para produção de nitrato. Este, por sua vez, pode ser utilizado pelas bactérias desnitrificantes para produzir N_2O , ou ser lixiviado para os corpos d'água, contaminando-os (VEJAN et al., 2016).

A agricultura sustentável inclui atualmente manejos e práticas sustentáveis; agricultura intensiva; cultivo de plantas modificadas geneticamente que fixam nitrogênio sem a presença de simbioses; uso de microrganismos, modificados geneticamente ou não, que promovem o crescimento vegetal; e, o uso de biofertilizantes (GOUDA et al., 2018).

Os biofertilizantes são definidos como preparações que contêm células vivas ou latentes, de microrganismos, que fixam nitrogênio, solubilizam fosfatos, realizam o biocontrole de doenças transmitidas pelo solo ou estimulam a produção de hormônios de crescimento vegetais (NEHRA e CHOUDHARY, 2015). Entre esses microrganismos são conhecidas as rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (plant growth promoting rhizobacteria - PGPR), que incluem *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Azobacter*, *Variovorax*, *Azospirillum* e *Serratia* (VEJAN et al., 2016). Entre as PGPR encontram-se rizobactérias que fixam nitrogênio atmosférico para as plantas por dois mecanismos: simbiótico e não simbiótico. A fixação simbiótica envolve a entrada do microrganismo na raiz para posterior formação de nódulos, onde ocorre a fixação do nitrogênio na amônia, que é disponibilizada para a planta. Entre os organismos simbiotes de leguminosas estão *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium* e *Mesorhizobium*. Para árvores e arbustos que não são leguminosas, *Frankia* é um simbiote conhecido. A fixação não-simbiótica é realizada por diazotrofos de vida livre, que estimulam o crescimento das plantas que não são leguminosas, tais como rabanete e arroz. Entre esses diazotrofos estão as bactérias do gênero *Azoarcus*, *Azotobacter*, *Acetobacter*, *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Diazotrophicus*, *Enterobacter*, *Gluconacetobacter*, *Pseudomonas* e as cianobactérias como *Anabaena* e *Nostoc* (GUPTA et al., 2015).

O fósforo (P) é abundante no solo nas formas orgânica e inorgânica. Entretanto, 95-99% desse P está insolúvel, e as plantas não são capazes de utilizá-lo nessa forma. Os vegetais absorvem fosfato somente nas formas monobásica ($H_2PO_4^-$) e dibásica (HPO_4^{2-}). As PGPR utilizam diferentes mecanismos para solubilizar o P para poder utilizá-lo. Essa solubilização também beneficia as plantas, que podem absorver esse

elemento. As rizobactérias solubilizadoras de P pertencem os gêneros *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Microbacterium*, *Pseudomonas*, *Erwinia*, *Rhizobium*, *Mesorhizobium*, *Flavobacterium*, *Rhodococcus* e *Serratia*. A inoculação do solo com esses organismos melhora o crescimento vegetal e a produtividade e isso tem atraído a atenção dos agricultores (GUPTA et al., 2015; GOUDA et al., 2018). Assim como o P, o potássio solubilizado e que está disponível para a planta é encontrado em níveis baixos nos solos. A capacidade de solubilizar o potássio presente nas rochas, por meio da liberação de ácidos orgânicos, é conhecida em algumas PGPR, tais como: *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Bacillus edaphicus*, *Bacillus mucilaginosus*, *Burkholderia*, *Paenibacillus* sp. (GUPTA et al., 2015).

O ferro é um micronutriente essencial para a maioria dos organismos vivos, mas, em solos aeróbicos, o ferro não pode ser prontamente assimilado por bactérias e nem por plantas. Isso se deve ao fato de que o ferro está presente na natureza predominantemente na forma férrica (Fe^{3+}), que é pouco solúvel.

Alguns microrganismos apresentam sideróforos que são moléculas quelantes de ferro, secretadas em condições de deficiência de ferro, e que transportam esse elemento para o interior desses microrganismos. Tem sido demonstrado que as plantas são capazes de absorver ferro de diversas PGPR, tais como: *Azadirachta*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia* e *Streptomyces* sp. Entretanto, esses estudos são considerados muitos incipientes ainda (GUPTA et al., 2015; GOUDA et al., 2018).

Cerca de 80% das rizobactérias podem produzir fitormônios como auxinas, giberelinas, citocinas e etileno. Esse fitormônio, em baixas doses, pode causar o alongamento da raiz primária. Em altas doses, pode

causar o desenvolvimento de pelos radiculares e o crescimento de raízes laterais enquanto inibe o crescimento da raiz primária. Esses fenômenos poderiam aumentar a área radicular de absorção de nutrientes e favorecer o crescimento vegetal. Diversas PGPR (*Azotobacter sp.*, *Rhizobium sp.*, *Pantoea agglomerans*, *Rhodospirillum rubrum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis* e *Paenibacillus polymyxa*) podem produzir citocininas ou giberelinas, ou ambas e promover o crescimento das plantas.

As PGPR produzem baixos níveis citocininas, em comparação com os fitopatógenos, que também as produzem. Mas, aparentemente, os níveis de citocininas das PGPR apresentam efeito estimulatório enquanto que os dos fitopatógenos apresentam efeito inibitório sobre o crescimento vegetal (VEJAN et al., 2016; GOUDA et al., 2018).

O etileno é um hormônio gasoso envolvido em muitos processos fisiológicos da planta, tais como: floração, resposta ao estresse, nodulação com *Rhizobium*, etc (VEJAN et al., 2016). Em relação ao crescimento da raiz, o etileno causa efeitos similares à auxina em altas doses, como descrito acima, provavelmente por aumentar a biossíntese de auxinas (Strader et al., 2010). Entretanto, altos níveis de etileno podem causar também efeitos adversos na planta, tais como a senescência, a inibição do alongamento radicular e da fixação do nitrogênio em leguminosas.

O precursor do etileno na planta é ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC). Algumas PGPR podem produzir a enzima ACC deaminase, que poderia inativar ACC e inibir a síntese de etileno (VEJAN et al., 2016). Foi verificado que cepas de *Rhizobium* e *Pseudomonas* que sintetizam ACC deaminase podem melhorar o desenvolvimento e a qualidade de *mung bean*, conhecido no Brasil como feijão moyashi ou feijão mungo-verde (AHMAD et al., 2013).

Polímeros superabsorventes (SAP) e hidrogel

SAPs são polímeros com ligações cruzadas e com grupos hidrofílicos que apresentam capacidade de absorver grandes quantidades de água sem se dissolver nela. Quando SAP é hidratado, o material entumece e é chamado de hidrogel. A capacidade de absorção de água é devida à presença de grupos funcionais hidrofílicos ligados à estrutura do polímero, enquanto que a sua resistência à dissolução é devida às ligações cruzadas entre as cadeias dos polímeros (ZOHURIAAN-MEHR e KABIRI, 2008; KALHAPURE et al., 2016). Os grupos hidrofílicos são acrilamida, ácido acrílico, ácido carboxílico e outros. Acredita-se que os grupamentos ácidos ionizam em contato com a água tornando-se negativamente carregados e se repelem mutuamente. Isso força o desnovelamento da cadeia do polímero e os grupamentos negativos interagem com as moléculas de água por meio de pontes de hidrogênio (KALHAPURE et al., 2016). O uso do hidrogel é amplo e inclui utilização em produtos de higiene como fraldas descartáveis, produtos farmacêuticos, em vedação, desidratação do carvão, aditivos alimentares, medicina regenerativa e na agricultura, entre outras aplicações (AHMED, 2015).

O uso do hidrogel na agricultura favorece o desenvolvimento das raízes e da parte aérea vegetal, pois aumenta a disponibilidade de água para as plantas, reduz as perdas de nutrientes do solo devido a percolação e lixiviação e aumenta da aeração e drenagem do solo, (AZEVEDO et al., 2002). O uso de hidrogel pode reduzir a perda de água do solo por evapotranspiração e o mecanismo proposto para isso é baseado na heterogeneidade hídrica do solo tratado com hidrogel. Nesse caso, há regiões no solo em que partículas do polímero hidratado está em contato direto com as raízes da planta, e, regiões em que as raízes não apresentam esse contato. Parte da raiz que estiver em contato com o solo seco, levará a

translocação do ácido abscísico para as folhas. Esse hormônio vegetal pode causar o fechamento estomático e diminuir a transpiração. Esse mecanismo foi proposto baseado na observação da técnica de seca parcial da zona radicular, em que as raízes de uma mesma planta são expostas simultaneamente a zonas secas e úmidas do solo. Essa técnica resulta em mesma produtividade em comparação com situação em que não há restrição de água para a planta (AGABA et al., 2010). A retenção de nitrogênio no solo na forma catiônica, como o íon NH_4^+ , é maior em comparação com a forma aniônica, como o NO_3^- , devido provavelmente à capacidade de troca catiônica do polímero (BRES e WESTON, 1993; AZEVEDO et al., 2002). A capacidade tamponante, ou seja, de manutenção do pH do solo também foi observada com a aplicação do hidrogel (TAYLOR e HALFACRE, 1986).

O hidrogel pode aumentar a captação de íon cálcio (Ca^{2+}) pela planta, pois este íon pode ser quelado mais fortemente do que o Na^+ , dependendo do tipo de polímero de hidrogel, disponibilizando mais Ca^{2+} para o sistema radicular da planta. O aumento de Ca^{2+} celular pode interferir no funcionamento de canais de Na^+ , inibindo o seu influxo e esse pode ser o mecanismo que explica a maior resistência a salinidade apresentada por *Populus euphratica* a solos salinos na presença de hidrogel (CHEN et al., 2004). A resistência de *Populus popularis* à seca e aos solos salinos na presença de hidrogel pode também ser explicada pela quelação de Na^+ pelo polímero, diminuindo a liberação desse íon na água do solo, diminuindo a sua captação pela planta e, com isso, evita os efeitos deletérios dos sais (SHI et al., 2010).

O estresse hídrico causa diversas alterações metabólicas, fisiológicas e anatômicas nas plantas (Figura 1). Esse estresse leva à redução do teor de CO_2 no tecido foliar, pois pode causar o fechamento

estomático e/ou a redução do número de estômatos devido a diminuição da área foliar. Baixos níveis de CO₂ associados à elevação da luminosidade podem levar à transferência de elétrons para o oxigênio molecular durante a fotossíntese, gerando espécies reativas de oxigênio (EROs), tais como radicais superóxido e peróxido de hidrogênio (MILLER et al., 2010).

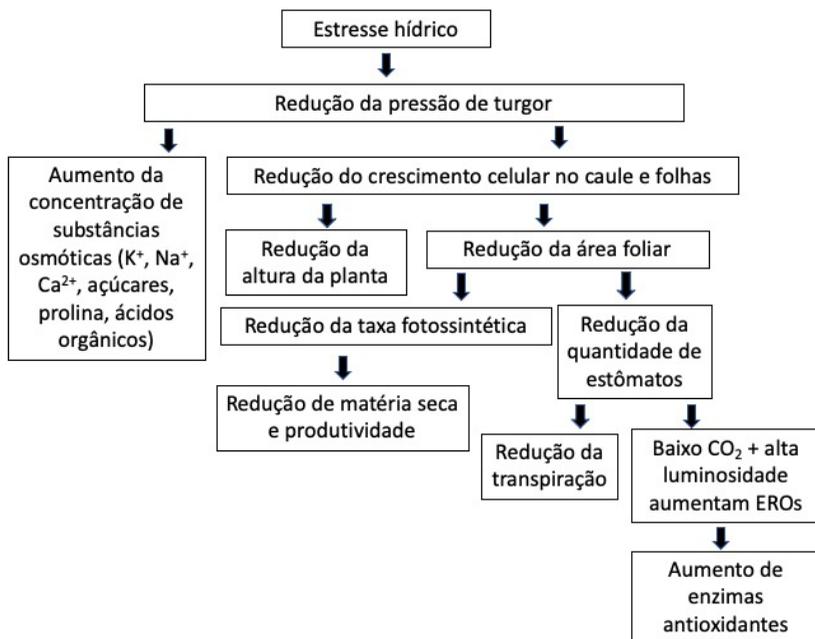


Figura 1. Alterações produzidas nas plantas submetidas ao estresse hídrico. EROs = espécies reativas de oxigênio. Informações baseadas em Miller *et al.* (2010) e Sayyari e Ghanbari (2012)

Isso causa a elevação dos níveis de enzimas antioxidantes que se contrapõem ao estresse oxidativo, como a superóxido dismutase (SOD), a glutatona peroxidase, a catalase e causa também elevação de produtos das oxidações lipídica (malonaldeído) e proteica (ditirosina).

Na presença de hidrogel no solo, ocorre redução desses marcadores de estresse oxidativo e das enzimas antioxidantes, ocorrendo também uma melhora na produtividade de grãos de feijão (POURESMAEIL et al., 2013). A deficiência hídrica causa também redução do teor de clorofila e aumento de extravasamento de eletrólitos (SAYYARI e GHANBARI, 2012).

O extravasamento de eletrólitos acompanha as respostas das plantas ao estresse, tais como alta salinidade, ataque de patógenos, seca, metais pesados, hipertermia, hipotermia, etc e é um indicador da permeabilidade da membrana (DEMIDCHIK et al., 2014). Além disso, o estresse hídrico causa o acúmulo de prolina, que é considerado um componente osmótico que reduz a desidratação e apresenta atividade antioxidante (SAYYARI e GHANBARI, 2012; KAUR e ASTHIR, 2015).

O uso de SAP aumentou o teor de clorofila e diminuiu o extravasamento de eletrólitos, bem como o teor de prolina, levando ao aumento da produtividade de pimentão (SAYYARI e GHANBARI, 2012).

O estresse hídrico leva também à redução no acúmulo de compostos que resulta na redução de matéria seca e/ou leva ao aumento de outros compostos. No caso de canola, a deficiência hídrica pode diminuir os teores de óleo e do ácido linoleico (ácido graxo insaturado) e aumentar os teores de glucosinolato e de ácido esteárico (ácido graxo saturado) nas sementes utilizadas para extração de óleo (MOGHADAM et al., 2011).

O glucosinolato pode ser tóxico aos animais quando hidrolisado pela enzima mirosinase, também presente na canola (FIGUEIREDO et al., 2003). O teor de ácido linoleico aumentou e o de ácidos graxos saturados e de glucosinolato decaíram em sementes de canola cultivadas na presença de SAP no solo, melhorando a qualidade do óleo (MOGHADAM et al., 2011).

No caso da cana de açúcar, o estresse hídrico pode levar ao escurecimento do caldo da cana durante o processamento industrial, que pode ser devido à atividade de enzimas como polifenol oxidases e peroxidases.

O escurecimento é indesejável no processo de fabricação do açúcar cristal branco. Experimentos com utilização de hidrogel durante o plantio e medidas da atividade das duas enzimas foram realizadas, mas a tendência com a utilização do hidrogel foi o aumento da atividade de polifenol oxidase e sem efeitos sobre a peroxidase (MARQUES et al., 2013).

Combinação de biofertilizantes e hidrogel

A nodulação das raízes de *Alnus glutinosa* (amieiro) e *Casuarina equisetifolia* (pinheiro-casuarina) com *Frankia* (uma actinobactéria do grupo das PGPR), na presença de SAP foi investigada. As raízes de *A. glutinosa* que foram mergulhadas numa mistura polímero-*Frankia* apresentaram maior nodulação em comparação com as dos tratamentos controle (sem polímero e sem *Frankia*) ou somente *Frankia*. Na presença de SAP houve uma distribuição mais uniforme dos nódulos nas raízes. O aumento de massa seca total de *A. glutinosa* foi maior em uma concentração menor do simbiote e depende do tipo de polímero na mistura polímero-*Frankia*. Resultados semelhantes foram também observados para *C. equisetifolia* (KOHLS et al., 1992).

No caso de *Ficus benjamina* (figo), a utilização conjunta de hidrogel e de *Azotobacter* aumentou o tempo sobrevivência da plântula e o potencial hídrico foliar em condições de seca, em comparação com o tratamento com hidrogel somente ou ao controle. Entretanto, a adição de *Azotobacter* ao hidrogel não melhorou significativamente o crescimento da

plântula e nem as massas secas das raízes ou da parte aérea em comparação com o tratamento somente com hidrogel (QADOS, 2015).

A aplicação de hidrogel combinado com inoculação do fungo *Trichoderma* spp. aumentou a produtividade da água (razão entre o rendimento real obtido pela cultura e a água utilizada nessa produção) e a produtividade do grão de arroz em comparação com os controles (sem hidrogel e sem *Trichoderma*, com hidrogel somente ou com *Trichoderma* somente). A ação presumida do fungo é a promoção do crescimento vegetal suprimindo doenças (KURREY et al., 2018).

No caso de *Lolium perenne* (azevém-perene), a combinação de hidrogel com *Bacillus amyloliquefaciens* aumentou a taxa de sobrevivência de plantas submetidas a um período de seca, aumentando o teor de clorofila e a biomassa da parte aérea, em comparação com os controles. *B. amyloliquefaciens* tem sido utilizado em diversas culturas, pois promove o crescimento vegetal e confere resistência a doenças, ao estresse hídrico e ao estresse salino. Esse microrganismo libera compostos orgânicos voláteis que afetam a transcrição de genes da planta relativos à modificação da parede celular, metabolismo de compostos primários e secundários, regulação hormonal e resposta ao estresse (SU et al., 2017).

O desenvolvimento de *Sorghum bicolor* (sorgo) na presença de várias PGPR com hidrogel e/ou carboximetilcelulose (CMC) foi investigado levando em consideração os seguintes tratamentos: *a*) uma mistura de várias PGPR e com aplicação de hidrogel e de CMC juntos; *b*) tratamento com várias PGPR e hidrogel ou *c*) com várias PGPR e CMC, levaram ao aumento do comprimento da parte aérea e da raiz do sorgo em comparação com tratamentos que continham uma única espécie de PGPR e aos controles (WIDAWATI, 2018).

No caso do milho cultivado com e sem estresse hídrico, a inoculação das sementes com mistura de *Azospirillum lipoferum* e *Pseudomonas putida* em associação com SAP aplicado ao solo na forma de pó ou hidrogel, ou a mistura dos microrganismos diretamente no hidrogel seguida de aplicação no solo, resultaram em aumento da produtividade do grão em comparação com o controle (sem hidrogel e sem os microrganismos). Mas, a aplicação desses microrganismos não aumentou significativamente a produtividade do grão em comparação com o tratamento somente com o polímero. Portanto, não houve vantagem em associar o polímero com esses microrganismos (MOSLEMI et al., 2011). Entretanto, no tratamento com associação desses microrganismos com SAP, os níveis de malonaldeído e ditirosina diminuíram no milho enquanto os níveis de prolina aumentaram, em comparação com o controle (HABIBI et al., 2010). O milho pode ser sensível ao polímero de acrilato em altas concentrações, que contém altos níveis de ácido acrílico solúvel e Na^+ . O ácido acrílico causa alterações morfo-anatômicas na raiz, inibe o crescimento da planta e os efeitos podem ser exacerbados pela presença de Na^+ . O tratamento com polímero de acrilato aumentou o nível de malonaldeído e inibiu a atividade de SOD e da catalase, levando à ocorrência de estresse oxidativo (CHEN et al., 2016).

O vírus da necrose da haste (*soybean stunt virus* – SSV) reduz a produtividade da soja em larga escala na Indonésia. As PGPR podem induzir uma resistência sistêmica a patógenos. A via de sinalização dessa resistência é caracterizada pelo aumento na síntese de etileno e de ácido jasmônico, seguido pela ativação de genes de proteínas relacionadas a patógenos que agem como antibióticos. Entre essas proteínas encontram-se a peroxidases que se acumulam em plantas infectadas por vírus. As plantas resistentes tendem a apresentar elevada atividade dessas enzimas.

Pseudomonas aeruginosa é uma PGPR que pode induzir a resistência sistêmica a fusariose em grão de bico, ou a podridão causada por *Pythium splendens* em feijão. Quando *P. aeruginosa* foi utilizada durante o desenvolvimento da soja com formulação que continha hidrogel de poliacrilamida, a altura da planta, as massas fresca e seca da parte aérea e das raízes, a massa seca das sementes e o teor de clorofila foram elevadas em comparação com tratamentos que utilizaram a referida PGPR com outras formulações (por exemplo, contendo palha, farelo de arroz ou farinha de tapioca) ou tratamento sem *P. aeruginosa*. A incidência da virose causada por SSV foi menor (10%) no tratamento que continha hidrogel e *P. aeruginosa*, e a atividade de peroxidase na soja foi elevada também neste tratamento (KHALIMI e SUPRAPTA, 2011).

O uso do hidrogel juntamente com biomassa de macrófitas aquáticas em solo degradado do cerrado aumentou a colonização das raízes de *Jatropha curcas* (pinhão-mansão) pelos fungos micorrízicos arbusculares. Isso ocorreu provavelmente porque o hidrogel proporcionou um meio mais húmido para o desenvolvimento do fungo. A atividade da fosfatase ácida nas folhas foi também determinada para se avaliar o aproveitamento de P do solo pela planta, sendo que uma baixa atividade indica um melhor aproveitamento. Mas, a presença de hidrogel não afetou a atividade da fosfatase no pinhão-mansão (SANTOS et al., 2016).

O hidrogel pode ser utilizado para cobertura de sementes associado a outros compostos com o objetivo de favorecer a germinação e o desenvolvimento inicial da plântula (GUAN et al., 2015; PEDRINI et al., 2017). Hidrogel com base em celulose, acrilato-acrilamida e outros materiais foram investigados como inoculantes de *Bradyrhizobium japonicum* nas sementes de soja. Nesse estudo, o gel com esse PGPR foi

misturado com as sementes de soja e isso favoreceu a nodulação dessa planta (JAWSON et al., 1989).

Os polímeros que possam abrigar PGPR e outros microrganismos têm sido aperfeiçoados. A presença de cadeias de manano no ácido poliacrílico sintético melhorou a dinâmica e a seletividade no ingresso de bactérias na rede polimérica, pois as proteínas de adesão de algumas espécies de bactérias podem reconhecer o manano. Essa seletividade pode favorecer o desenvolvimento de espécies benéficas às plantas na rizosfera (PHAM et al., 2017). Um hidrogel biodegradável e biocompatível à base de quitosana e amido foi desenvolvido e foi verificado que pode carregar e preservar microrganismos benéficos ao solo por longo tempo e apresenta potencial para liberação controlada desses microrganismos (PEREZ et al., 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A associação entre SAP e biofertilizantes é uma metodologia que visa atender parte das demandas da agricultura sustentável, em uma nova era de alterações climáticas que pode impor estresses ambientais a várias espécies cultivadas. Algumas pesquisas têm sido realizadas para o desenvolvimento de novos polímeros que podem ser associados a biofertilizantes. Entretanto, estudos da aplicação conjunta de SAP e biofertilizantes em culturas não são muito abundantes, e algumas foram listadas no presente trabalho. O Brasil apresenta uma região semi-árida que ocupa 974.752 km² do território nacional, cuja característica principal é o déficit hídrico (DA SILVA e ALCÂNTARA, 2015). O prognóstico para essa região dentro de um panorama de mudança climática global indica um recrudescimento do déficit hídrico e aumento da região semi-árida no nordeste brasileiro (MARENGO et al., 2011). Entretanto, existe uma lacuna

quanto às investigações sobre o uso potencial do hidrogel, associado ou não a biofertilizantes nas culturas dessa região brasileira. O milho plantado em regiões desérticas do México apresentou um aumento de produtividade de mais de 44% na presença de hidrogel (PEDROZA-SANDOVAL et al., 2015), mas investigações desse tipo não foram encontradas para a região semi-árida brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AGABA, H. et al. Effects of Hydrogel Amendment to Different Soils on Plant Available Water and Survival of Trees under Drought Conditions. **CLEAN – Soil, Air, Water**, v. 38, n. 4, p. 328-335, 2010.

AHMAD, M. et al. Efficacy of *Rhizobium* and *Pseudomonas* strains to improve physiology, ionic balance and quality of mung bean under salt-affected conditions on farmer's fields. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 63, p. 170-176, 2013.

AHMED, E. M. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. **Journal of Advanced Research**, v. 6, n. 2, p. 105-121, 2015.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta**, v. 1, n. 1, p. 23-31, 2002.

BRES, W.; WESTON, L. A. Influence of Gel Additives on Nitrate, Ammonium, and Water Retention and Tomato Growth in a Soilless Medium. **HortScience**, v. 28, n. 10, p. 1005-1007, 1993.

CHEN, S. et al. Hydrogel modified uptake of salt ions and calcium in *Populus euphratica* under saline conditions. **Trees**, v. 18, n. 2, p. 175-183, 2004.

CHEN, X. et al. Characteristics and mechanisms of acrylate polymer damage to maize seedlings. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 129, p. 228-234, 2016.

DA SILVA, D. F.; ALCÂNTARA, C. R. Déficit Hídrico na Região Nordeste: Variabilidade Espaço-Temporal. **UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 8, n. 1, 2015.

DEMIDCHIK, V. et al. Stress-induced electrolyte leakage: the role of K⁺-permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 5, p. 1259–1270, 2014.

FIGUEIREDO, D. F. et al. Desempenho e morfometria da mucosa de duodeno de frangos de corte alimentados com farelo de canola, durante o período inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1321-1329, 2003.

GOUDA, S. et al. Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. **Microbiological Research**, v. 206, p. 131-140, 2018.

GUAN, Y. et al. "On-Off" Thermoresponsive Coating Agent Containing Salicylic Acid Applied to Maize Seeds for Chilling Tolerance. **Plos One**, v. 10, n. 3, p. 1-17, 2015.

GUPTA, G. et al. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR):current and future prospects for development of sustainable agriculture. **Journal of Microbial & Biochemical Technology**, v. 7, n. 2, p. 96-102, 2015. ISSN 1948-5948.

HABIBI, D. et al. Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and oxidative damage of maize under drought stress. **2010 International Conference on Chemistry and Chemical Engineering**, v. 1, n.3, p. 253-257, 2010.

JAWSON, M. D.; FRANZLUEBBERS, A. J.; BERG, R. K. *Bradyrhizobium japonicum* survival in and soybean inoculation with fluid gels. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 55, n. 3, p. 617-622, 1989.

KALHAPURE, A. et al. Hydrogels: a boon for increasing agricultural productivity in water-stressed environment. **Current Science**, v. 111, n. 11, p. 1773-1779, 2016.

KAUR, G.; ASTHIR, B. Proline: a key player in plant abiotic stress tolerance. **Biologia Plantarum**, v. 59, n. 4, p. 609-619, 2015.

KHALIMI, K.; SUPRAPTA, D. N. Induction of plant resistance against soybean stunt virus using some formulations of *Pseudomonas aeruginosa*. **Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences** v. 17, p. 98-105, 2011.

KOHL, S. J.; HARBRECHT, D. F.; KREMER, D. A. Enhancement of infection and nodulation in actinorhizal plants by inoculation with *Frankia*-amended superabsorbent polymers. **Proceedings America Society of Mining and Reclamation**, p. 314-330, 1992.

KURREY, D.; SINGH, R.; RAJPUT, R. S. Effect of hydrogel and *Trichoderma* on root growth and water productivity in rice varieties under rainfed conditions. **Research Journal of Agricultural Sciences**, v. 9, n. Special, p. 210-212, 2018.

MARENGO, J. A. et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos Hídricos em Regiões Áridas e Semiáridas**, p. 384-422, 2011.

MARQUES, T. A.; RAMPAZO, É. M.; MARQUES, P. A. A. Oxidative enzymes activity in sugarcane juice as a function of the planting system. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 1, p. 146-150, 2013.

MILLER, G. et al. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. **Plant, Cell & Environment**, v. 33, n. 4, p. 453-467, 2010.

MOGHADAM, H. R. T.; ZAHEDI, H.; GHOOSHCHI, F. Oil quality of canola cultivars in response to water stress and super absorbent polymer application. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 579-586, 2011.

MOSLEMI, Z. et al. Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of maize under drought stress and normal conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 19, p. 4471-4476, 2011.

NEHRA, V.; CHOUDHARY, M. A review on plant growth promoting rhizobacteria acting as bioinoculants and their biological approach towards the production of sustainable agriculture. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 7, n. 1, p. 540 – 556, 2015.

PEDRINI, S. et al. Seed coating: science or marketing spin? **Trends in Plant Science**, v. 22, n. 2, p. 106-116, 2017.

PEDROZA-SANDOVAL, A. et al. Efecto del hidrogel y vermicomposta en la producción de maíz. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 38, n. 4, p. 375-381, 2015.

PEREZ, J. J. et al. A novel, green, low-cost chitosan-starch hydrogel as potential delivery system for plant growth-promoting bacteria. **Carbohydrate Polymers**, v. 202, p. 409-417, 2018.

PHAM, V. T. H. et al. Copolymers enhance selective bacterial community colonization for potential root zone applications. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 15902, 2017.

POMOWSKI, A. et al. N₂O binding at a [4Cu:2S] copper–sulphur cluster in nitrous oxide reductase. **Nature**, v. 477, p. 234-237, 2011.

POURESMAEIL, P. et al. Effect of super absorbent polymer application on chemical and biochemical activities in red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under drought stress. **European Journal of Experimental Biology**, v. 3, n. 3, p. 261-266, 2013.

QADOS, A. M. S. A. Effects of super absorbent polymer and *Azotobacter vinelandii* on growth and survival of *Ficus benjamina* L. seedlings under drought stress conditions. **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science**, v. 5, n. 2, p. 45-57, 2015.

ROCKSTRÖM, J. et al. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. **Ambio**, v. 46, n. 1, p. 4-17, 2017.

SANTOS, A. A. et al. Addition of residues and reintroduction of microorganisms in *Jatropha curcas* cultivated in degraded soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 372-377, 2016.

SAYYARI, M.; GHANBARI, F. Effects of super absorbent polymer A200 on the growth, yield and some physiological responses in sweet pepper (*Capsicum Annuum* L.) under various irrigation regimes. **International Journal of Agricultural and Food Research, North America**, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2012.

SHI, Y. et al. Effects of Stockosorb and Luquasorb polymers on salt and drought tolerance of *Populus popularis*. **Scientia Horticulturae**, v. 124, n. 2, p. 268-273, 2010.

STRADER, L. C.; CHEN, G. L.; BARTEL, B. Ethylene directs auxin to control root cell expansion. **Plant Journal**, v. 64, n. 5, p. 874-84, 2010.

SU, A.-Y. et al. Synergistic effects of *Bacillus amyloliquefaciens* (GB03) and water retaining agent on drought tolerance of perennial ryegrass. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 12, p. 2-13, 2017.

TAYLOR, K. C.; HALFACRE, R. G. The effect of hydrophylic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. **Horticulture Science**, v. 21, n. 5, p. 1159-1161, 1986.

VEJAN, P. et al. Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability-a review. **Molecules**, v. 21, n. 5, p. 23-30, 2016.

WIDAWATI, S. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination and seedling growth of *Sorghum bicolor* L. Moench. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 166, n. 1, p. 2018.

ZOHURIAAN-MEHR, M. J.; KABIRI, K. Superabsorbent polymer materials: a review. **Iranian Polymer Journal**, v. 17, n. 6, p. 447-451, 2008.

CAPÍTULO 3

Distribuição de palmeiras do bioma Mata Atlântica e simulações de clima futuro na transeção Ubatuba/SP a Extrema/MG¹

Valeriam Dias ², Simey Thuri Vieira Fisch³, Gilberto Fisch³

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais da América do Sul estão entre os mais densos e complexos biomas terrestres do planeta, cumprindo papel importantíssimo para o equilíbrio climático global, mas que estão seriamente ameaçados em resposta às mudanças climáticas globais (PUNYASENA et al., 2008). Além de regular o clima, a temperatura do ar e a umidade (D'ORAZIO; CATHARINO, 2013), a Floresta Atlântica, ou Mata Atlântica, está entre os mais importantes domínios fitogeográficos do país pela numerosa biodiversidade que detém (COLOMBO; JOLY, 2010). Suas características geográficas que se estendem desde o nível do mar até 1.800 m de altitude formam gradientes de biodiversidade e favorecem uma alta diversidade endêmica nessa região, o que permitiu classificá-la como *hotspot* para a conservação da biodiversidade (MYERS et al., 2000).

¹Este capítulo é derivado de parte da dissertação de mestrado do primeiro autor no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté, SP, Brasil.

²Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Departamento de Ciências Agrárias Estrada Municipal Dr. José Luis Cembranelli, 5000 - Fazenda Piloto - Itaim, Cep - 12081-010, Taubaté, SP, Brasil.

³Docente Doutor do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU), Departamento de Ciências Agrárias, Estrada Municipal Dr. José Luiz Cembranelli 5000 – Fazenda Piloto – Itaim, Cep - 12081-010, Taubaté, SP, Brasil. email: simey.fisch@gmail.com e gilberto.fisch@unitau.br

Devido à influência da Serra do Mar, as áreas mais altas do relevo constituem as mais preservadas da Mata Atlântica (RIBEIRO et al., 2009), por serem impróprias para a atividade agrícola e para a expansão urbana. São fragmentos de grande importância biológica, mas que podem perder biodiversidade de espécies com as possíveis mudanças climáticas previstas para as próximas décadas. Recentemente, Wagner et al. (2020) avaliaram a evolução de fragmentos florestais na Serra do Mar próximo da área de estudo deste trabalho e concluíram, por análises de imagens de satélites e combinados com inteligência artificial, que está ocorrendo um pequeno aumento de recuperação da região.

Segundo as projeções climáticas para a Mata Atlântica que ocorre na região Sudeste do país, admite-se que haverá um aumento aproximado de 1,5°C até a metade deste século, podendo ainda aumentar para o fim do século em aproximadamente 3°C. Analisando a sua vulnerabilidade em relação ao aumento da temperatura do ar, espera-se uma redução de áreas de floresta tropical, especialmente para as áreas dominadas por Florestas Ombrófilas (DIAS et al., 2016). No entanto, existe pouco conhecimento da resposta das espécies vegetais das florestas tropicais quanto às mudanças climáticas. Considerando que existem famílias de plantas que exibem preferências para uma variável climática (por exemplo, precipitação) em detrimento de outra (temperatura do ar), mudanças nesses elementos climáticos podem significar alterações para a distribuição espacial e para a riqueza das espécies. Porém, os estudos científicos (HILÁRIO; TOLEDO, 2016, REICHGELT et al., 2018) mostram que as florestas tropicais são mais influenciadas pelo elemento climático da temperatura do ar do que pela precipitação, mas sem descartar outras variáveis ambientais, como, por exemplo, a característica do solo (PUNYASENA et al., 2008).

Estudo realizado por Colombo e Joly (2010) aponta que o aumento da temperatura do ar poderá favorecer a migração ou mesmo a redução das áreas de ocorrência de diferentes espécies arbóreas da Mata Atlântica, tanto no cenário pessimista (SRES A1) como no otimista (B1) das mudanças climáticas. Esses resultados também são corroborados por Pirovania et al. (2018) para a região da Mata Atlântica no estado de Espírito Santo, usando simulação climática para o ano de 2050.

A família das palmeiras, Arecaceae, abarca ampla área de ocorrência nas regiões tropicais e sub-tropicais do planeta (EISERHARDT et al. 2011). Com mais de 2400 espécies (GOVAERTS; DRANSFIELD, 2005), são indicadas 550 espécies de palmeiras para as Américas, e 44 espécies para a Floresta Ombrófila Densa Atlântica (HENDERSON et al. 1995). A área de ocorrência dessa família está geralmente associada a fatores como clima, hidrologia, solo, topografia, vegetação e dispersão, o que vem apontando-a como sensível às mudanças climáticas (EISERHARDT et al., 2011). Associando as mudanças climáticas à redução de seus habitats naturais pelo desmatamento, algumas espécies de palmeiras poderão ter suas áreas de ocorrência alteradas. Estudos indicam desde o aumento de sua área de ocorrência até a redução ou extinção local, ou mesmo modificações na estrutura ontogenética de suas populações (menor quantidades de plântulas, por exemplo), o que deverá resultar em danos à fauna e prejuízos à economia da população local (WALTHER et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2014; REICHGELT et al., 2018). Diante do aumento da temperatura do ar e das mudanças no regime de precipitação que o planeta Terra vem sofrendo, algumas espécies de palmeiras já têm dado uma resposta, migrando para outras localidades do globo onde anteriormente não existiam (WALTHER et al., 2007, REICHGELT et al., 2018).

Considerando-se que as alterações climáticas podem modificar o domínio fitogeográfico da Mata Atlântica em diferentes altitudes, procurou-se, por meio de dados de simulações de clima futuro, inferir sobre como as palmeiras responderão às alterações das variáveis climáticas de temperatura do ar e precipitação para três intervalos de tempo (2011-2040, 2041-2070, 2071-2099), para a transeção que compreende os municípios de Ubatuba-SP, Taubaté-SP, Campos do Jordão-SP e Extrema-MG. Uma descrição detalhada dessas variações climáticas pode ser encontrada em Dias (2016), sendo que o presente estudo irá abordar a questão de como as palmeiras poderão ter suas áreas de ocorrência influenciadas por essas possíveis variações climáticas.

DESENVOLVIMENTO

Localização e caracterização da área de estudo

A área de abrangência deste estudo (Figura 1) corresponde aos municípios de Ubatuba, Taubaté e Campos do Jordão, localizados no estado de São Paulo; e ao município de Extrema, localizado ao sul do estado de Minas Gerais, todos pertencentes à região Sudeste do país. Optou-se por incluir o município de Campos do Jordão-SP no estudo, mesmo estando fora da transeção, devido ao fato de ele encontrar-se muito próximo da transeção e na face da Serra da Mantiqueira voltada para o Vale do Paraíba, em altitude mais elevada e pelo fato de haver estudos de florística regional para comparação.

Na planície litorânea onde se localiza parte do município de Ubatuba-SP (23° 25'55"S e 45° 4'58" O, ao nível do mar), o clima é tropical úmido e a pluviosidade anual está em torno de 2.400 mm e temperatura média de 24°C, sendo Af uma classificação de Köppen (GOMES, 2017). Em Taubaté-SP (23°03'39" S e 45°37'30" O, 650 m de

altitude), o clima se apresenta com temperaturas moderadas, e o verão é quente e chuvoso – Cwa. Sua temperatura média anual encontra-se ao redor de 20°C e a pluviosidade aproximada é de 1.350 mm. Nas altitudes elevadas da Serra da Mantiqueira, localizam-se os municípios de Campos do Jordão-SP (22°44'21" S e 45°35'29" O, 1.628 m de altitude), e de Extrema-MG (22°51'16" S e 46°19' 57" O, 973 m de altitude) (FISCH, 1995).

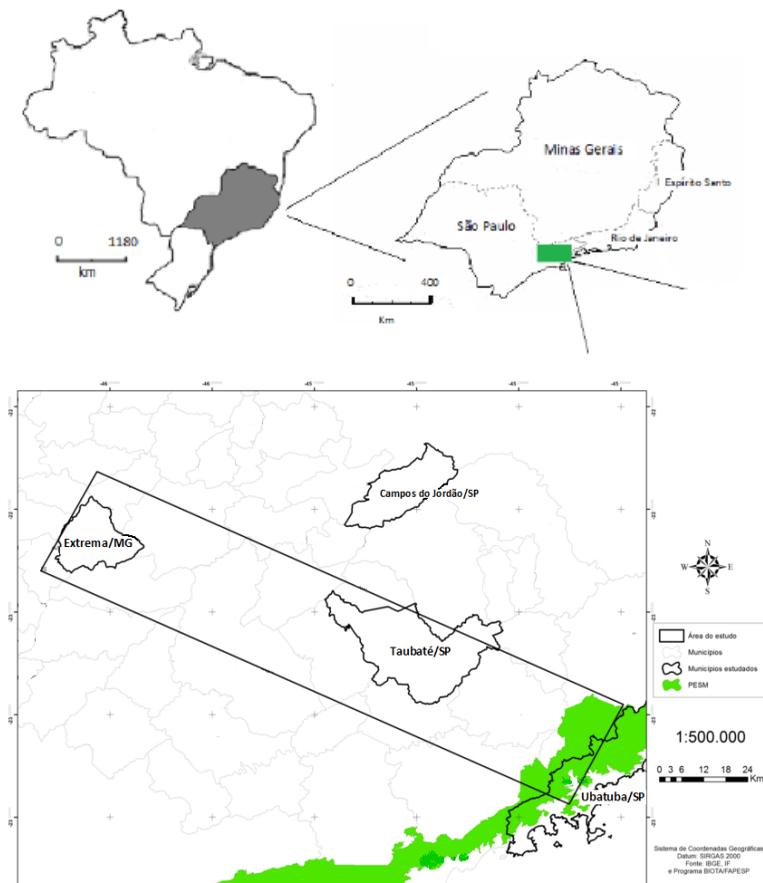


Figura 1. Localização da área de estudo, transecção entre Ubatuba/SP a Extrema/MG

Além da influência da latitude, a topografia elevada em Campos do Jordão e Extrema também define o clima da região, compreendida por verões suaves, mornos, amenos ou levemente frios, existindo estação seca no inverno e por isso é considerada como Cfb, segundo a classificação climática Köppen. Nessa localidade, a precipitação anual está entre 1.100 a 2.000 mm e a temperatura média anual é de 15 a 18°C, sujeita a geadas severas e frequentes

Levantamento das comunidades de palmeiras

O levantamento da comunidade de palmeiras para a transeção região em estudo foi realizado por meio da pesquisa bibliográfica em estudos florísticos e fitossociológicos publicados tanto na forma de artigos e de contribuições acadêmicas e observações de campo feitas pelos autores. Considerou-se para cada local de estudo tanto os levantamentos botânicos realizados na região como nas áreas adjacentes. A partir dessa informação, gerou-se a Tabela 2 com as espécies de palmeiras ocorrentes em cada município, sendo possível fazer comparações entre os elementos do clima de cada local e a ocorrência de palmeiras.

Uso de modelos regionais no estudo de simulação climática

Para a análise do cenário climático para a região de estudo, utilizou-se dados diários de temperatura do ar e precipitação obtidos pelo modelo ETA/HadCM3, fornecidos pelo CPTEC/INPE para os intervalos de tempo 1961-1990, 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2099.

Por meio das análises de simulação climática do modelo regional ETA (*downscaling*) de mesoescala na resolução 20 x 20 km para o cenário climático A1B do IPCC, pode-se realizar a comparação entre os intervalos

de tempo futuro (2011-2040; 2041-2070; 2071-2099) e comparados com o que se observou no passado (1961-1990).

Mediante o levantamento dessas simulações, analisou-se os valores médios de temperatura do ar e dos totais de precipitação nas escalas de tempo mensal, sazonal e anual. Calculou-se a variabilidade dos dados de simulação de clima passado (1961-1990) e de simulação de clima futuro (para os intervalos de tempo: 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2099) para os mesmos elementos climáticos. Embora não sejam diretamente comparáveis, o cenário A1B determinado no IPCC 4 AR equivale ao RCP 4.5 do IPCC AR5, representando um futuro em que a estabilização dos Gases do Efeito Estufa - GEE ocorrerá antes de 2.100, consequentemente a temperatura do ar estaria sujeita a um aumento entre 1,1 a 2,6°C.

Para definição das variáveis climáticas a serem analisadas (temperatura do ar, precipitação, número de dias de chuva, número de dias de estiagem e número de dias por ano com temperaturas inferiores a 10°C), consultou-se a literatura que indicasse limites climáticos para as palmeiras (WALTHER et al., 2007; EISERHARDT et al., 2011). Para o valor da temperatura inferior a 10°C, levou-se em conta as temperaturas mínimas atuais nos locais de ocorrência de palmeiras.

Cenário climático futuro na transeção Ubatuba/SP a Extrema/MG

As localidades de Taubaté-SP e Extrema-MG apresentam valores médios mensais de temperatura do ar muito semelhantes, sendo a primeira levemente mais quente que a segunda, o que está de acordo com as altitudes dos municípios. Além disso, Taubaté-SP situa-se mais próxima do oceano, intensificando o fator climático maritimidade.

O valor médio anual de temperatura do ar (Tabela 1) para Ubatuba-SP, que representa a condição litorânea, variou entre 20,6°C para o

intervalo de tempo passado, aumentando para 21,9°C durante o intervalo de tempo 2011-2040, posteriormente aumentou para 22,8°C no intervalo de 2041-2070 e finalizando para um valor limite de 23,7°C para o intervalo de tempo 2071-2099.

Tabela 1 Valores médios e desvios padrões das variáveis climáticas de temperatura do ar e precipitação sazonal e intrasazonal por intervalo de tempo (1961-1990; 2011-2040; 2041-2070 e 2071-2099), para os municípios de Ubatuba-SP, Taubaté-SP, Campos do Jordão- SP e Extrema- MG

VARIÁVEL	Ubatuba-SP	Taubaté-SP	Campos do	
			Jordão- SP	Extrema-MG
1960-1990				
Precipitação anual (mm)	167,1 (±24,2)	158,1 (±21,0)	105,9 (±13,6)	150,2 (±25,8)
Temperatura anual (°C)	20,6 (±0,5)	18,8 (±0,5)	16,6 (±0,5)	18,3 (±0,5)
Precipitação - janeiro (mm)	210,1 (±100,5)	217,4 (±70,5)	141,4 (±38,4)	217,5 (±63,7)
Temperatura - janeiro (°C)	22,8 (±0,6)	20,8 (±0,7)	18,6 (±0,6)	20,0 (±0,6)
Precipitação - julho (mm)	76,8 (±45,0)	55,7 (±43,6)	39,4 (±32,4)	56,1 (±48,0)
Temperatura - julho (°C)	17,9 (±0,9)	15,6 (±1,0)	13,8 (±1,0)	15,0 (±1,0)
N° dias chuva -janeiro	15	19	18	19
N° dias chuva -julho	8	8	6	7
Seca (Estiagem)*	12	35	58	35
Média dias/ano - inferior a 10°C	0	4,4	14	5,2
2011-2040				
Precipitação anual (mm)	179,0 (±27,4)	173,8 (±27,7)	117,1 (±18,2)	162,2 (±30,9)
Temperatura anual (°C)	21,9 (±0,5)	20,3 (±0,5)	18,2 (±0,7)	19,8 (±0,6)
Precipitação - janeiro (mm)	225,3 (±95,2)	278,2 (±84,1)	185,0 (±57,4)	270,5 (±83,9)
Temperatura - janeiro (°C)	23,7 (±0,6)	22,0 (±0,8)	19,8 (±0,7)	21,2 (±0,7)
Precipitação - julho (mm)	89,2 (±49,1)	57,6 (±47,7)	40,4 (±33,8)	59,1 (±55,4)
Temperatura - julho (°C)	19,1 (±1,0)	17,0 (±1,2)	15,0 (±1,0)	16,5 (±1,0)
N° dias chuva -janeiro	16	21	21	20
N° dias chuva -julho	9	7	6	6
Seca (Estiagem)*	14	32	48	37
Média dias/ano - inferior a 10°C	0	1,5	6,2	2,3
2041-2070				
Precipitação anual (mm)	187,8 (±35,0)	175,2 (±24,9)	120,2 (±18,7)	171,5 (±32,1)
Temperatura anual (°C)	22,8 (±0,4)	21,4 (±0,7)	19,2 (±0,7)	20,9 (±0,7)
Precipitação - janeiro (mm)	242,4 (±99,7)	276,4 (±98,2)	187,4 (±51,4)	284,1 (±73,7)
Temperatura - janeiro (°C)	24,8 (±0,5)	23,2 (±0,8)	20,9 (±0,7)	22,2 (±0,8)
Precipitação - julho (mm)	92,4 (±73,8)	67,3 (±62,7)	47,4 (±48,1)	67,7 (±76,5)
Temperatura - julho (°C)	20,1 (±0,8)	18,2 (±1,2)	16,2 (±1,2)	17,7 (±1,2)
N° dias chuva -janeiro	16	22	21	21
N° dias chuva -julho	9	7	7	6
Seca (Estiagem)*	10	36	53	48
Média dias/ano - inferior a 10°C	0	0,7	3,2	1,2
2071-2099				
Precipitação anual (mm)	184,5 (±26,0)	179,5 (±23,3)	123,5 (±17,0)	175,8 (±31,1)
Temperatura anual (°C)	23,7 (±0,6)	22,4 (±0,6)	23,3 (±0,6)	21,9 (±0,6)
Precipitação - janeiro (mm)	182,2 (±88,7)	266,6 (±77,7)	179,5 (±49,4)	284,9 (±99,2)
Temperatura - janeiro (°C)	25,7 (±0,9)	24,3 (±1,0)	21,9 (±0,9)	23,3 (±1,0)
Precipitação - julho (mm)	91,2 (±50,6)	54,7 (±38,7)	34,3 (±28,3)	54,5 (±48,4)
Temperatura - julho (°C)	20,7 (±0,9)	19,0 (±1,2)	16,9 (±1,2)	18,3 (±1,2)
N° dias chuva -janeiro	15	22	21	20
N° dias chuva -julho	8	6	5	5
Seca (Estiagem)*	7	29	48	38
Média dias/ano - inferior a 10°C	0	0,6	1,6	0,7

* Total de meses referentes aos anos por intervalo de tempo.

Dessa forma, verifica-se uma diferença que atinge $+3,1^{\circ}\text{C}$ entre os dados do passado e o último intervalo de tempo futuro 2071-2099, caracterizando amplamente o aquecimento da atmosfera (DIAS et al., 2016).

Este comportamento também se observa nas outras localidades estudadas, a saber: em Taubaté-SP, que representa as condições da planície do Vale do Paraíba do Sul, os valores da temperatura aumentaram entre $18,8^{\circ}\text{C}$ para o intervalo de tempo passado, até um valor de $22,4^{\circ}\text{C}$ no intervalo de tempo entre 2071-2099, com uma diferença de $+3,6^{\circ}\text{C}$. Para o caso da Serra da Mantiqueira (lado oriental) representado pela cidade de Campos do Jordão-SP, as temperaturas médias aumentaram entre $16,6^{\circ}\text{C}$ no intervalo passado para um valor de $20,3^{\circ}\text{C}$ ao final do século XXI, representando um aumento de $+3,7^{\circ}\text{C}$. Finalmente, para o município de Extrema-MG, que representa a vertente ocidental da Serra da Mantiqueira, esses valores aumentaram de $18,3^{\circ}\text{C}$ para $21,9^{\circ}\text{C}$, representando uma variação $+3,6^{\circ}\text{C}$. Em síntese, todas essas localidades tiveram um aumento acentuado da temperatura do ar (em torno de $3,5^{\circ}\text{C}$), sendo que Ubatuba-SP apresentou um aquecimento um pouco menor (de $3,1^{\circ}\text{C}$), devido à influência do fator climático maritimidade, pois a maior quantidade de vapor d'água presente nessa atmosfera úmida controla o aquecimento do ar.

Como forma de detalhar as variações na escala de tempo intrasazonal, analisou-se o comportamento da temperatura do ar para os meses de janeiro e julho (Tabela 1), que representam meses característicos das estações de verão e inverno. Quer seja para a estação verão, quer seja para o inverno, esses aumentos do valor da temperatura do ar têm uma tendência de crescimento linear com o tempo. Para Campos do Jordão-SP, a temperatura média de julho até o final do século XXI será praticamente de 17°C , valor esse relativamente alto para a germinação e para a floração de

algumas espécies vegetais da região. Com relação à distribuição de chuvas ao longo da transeção, ocorrerá um aumento da precipitação para todas as localidades, podendo chegar a um incremento entre 180 e 250 mm/ano (Tabela 1). A sazonalidade atuante (verões chuvosos e invernos secos) será mantida, sendo possível um adiantamento do início do período chuvoso, principalmente na parte alta (Taubaté-SP, Campos do Jordão-SP e Extrema-MG), mas não em Ubatuba-SP. Isto está associado a uma intensificação dos processos de formação de nuvens convectivas naquelas localidades. Também foram obtidos resultados que mostram uma maior frequência de eventos extremos, tanto para a temperatura (ondas de calor, geadas etc.), como para a precipitação.

Palmeiras na transeção Ubatuba/SP a Extrema/MG

O levantamento na literatura especializada (Tabela 2) permitiu identificar para a região estudada doze espécies de palmeiras, sendo Ubatuba-SP, na encosta da Serra do Mar, a localidade que apresentou maior número de espécies (nove), seguido por Taubaté-SP (seis), sendo esta última localizada na calha central do Rio Paraíba do Sul. Nas localidades da Serra da Mantiqueira analisadas, os levantamentos indicaram somente um registro da ocorrência de palmeira, a espécie *Geonoma schottiana*. A grande variação na ocorrência de palmeiras para transeção em estudo pode ser explicada tanto por fatores que envolvem o meio abiótico como o biótico. No primeiro caso, objeto do presente estudo, a variação causada pela topografia nos elementos do clima, pode ser o principal fator de restrição para a distribuição dessas espécies, no entanto a ocupação e a distribuição espacial das espécies também podem ser influenciadas pela sua forma de reprodução (OLIVEIRA et al., 2014). De acordo com Tomlinson (2006), as palmeiras são suscetíveis ao frio, sofrem injúrias em seu sistema vascular

devido à ausência de dormência fisiológica, o que restringe sua distribuição nas regiões tropicais e subtropicais do planeta. Isso pode explicar o porquê da ausência de palmeiras, para Campos do Jordão-SP e Extrema-MG, onde a temperatura do ar é menor e, conseqüentemente, o clima é mais frio (Tabela 1).

Tabela 2. Palmeiras (Arecaceae) que ocorrem na transecção Ubatuba/SP a Extrema/MG

Localidade	Coordenadas	Altitude (m)	Espécies (n°)	Espécies*	Referência
Região de Ubatuba/SP					
Núcleo Picinguaba	23°22' S 44°48' O	50	4	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> <i>Attalea dubia</i> <i>Euterpe edulis</i> <i>Syagrus pseudococos</i>	Shanchez et al., 1999
Restinga Inundável	23° 21' S 44° 46' O	Nível do mar	7	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> <i>Bactris hatschbachii</i> <i>Bactris setosa</i> <i>Euterpe edulis</i> <i>Geonoma elegans</i> <i>Geonoma gamiova</i> <i>Syagrus pseudococos</i>	Fisch; Gomes, 2015
Restinga não Inundável	23° 21' S 44° 51' O	Nível do mar	4	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> <i>Bactris setosa</i> <i>Euterpe edulis</i> <i>Syagrus pseudococos</i>	Fisch; Gomes, 2015
Núcleo Picinguaba – Floresta Ombrófila Densa Submontana	23° 22' S 45° 05' O	350	8	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> <i>Bactris hatschbachii</i> <i>Bactris hatschbachii</i> <i>Bactris setosa</i> <i>Euterpe edulis</i> <i>Geonoma elegans</i> <i>Geonoma gamiova</i> <i>Geonoma pohliana</i> <i>Syagrus pseudococos</i>	Oliveira et al., 2014
Total			9		
Região de Taubaté/SP					
São José dos Campos/SP	23° 12' S 45° 52' O	640 a 1.000	3	<i>Attalea dubia</i> <i>Euterpe edulis</i> <i>Geonoma schottiana</i>	A.F.Silva, dados não publicados.
Tremembé/SP	22° 58' S 45° 38' O	545	2	<i>Syagrus romanzoffiana</i> <i>Acrocomia aculeata</i>	D'Orazio; Catharino, 2013
Pindamonhangaba/SP	22° 48' S	680	1	<i>Euterpe edulis</i>	Gomes et al.,

	45° 32' O	a 805			2005
--	-----------	----------	--	--	------

Continuação da Tabela 2.....

Localidade	Coordenadas	Altitude (m)	Espécies (n°)	Espécies*	Referência
Região de Taubaté/SP					
Taubaté /SP	23° 03' S 45° 53' O	580	2	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> <i>Syagrus romanzoffiana</i>	Este estudo
Total			6		
Região de Campos do Jordão/SP					
Parque Estadual de Campos do Jordão (PECJ)	22° 41' S 45° 27' O	1.467	0		Souza <i>et al.</i> , 2012
Santo Antônio do Pinhal/SP	22° 46' S 45° 11' O	1.302	1	<i>Geonoma schottiana</i>	Este estudo
Campos de Jordão/SP Floresta Ombrófila Montana	22° 41' S 45° 26' O	1.882	0		Pereira-Silva <i>et al.</i> , 2007
Total			1		
Região de Extrema/MG					
Camanducaia/MG - Monte Verde/MG	22°51' S 46°02' O	1.550 a 2.082	0		
Camanducaia/MG - Gonçalves/MG	22°42' S 45°55' O	1.900	0		Meiros <i>et al.</i> , 2014
Total			0		França; Stehmann, 2004
TOTAL DE ESPÉCIES			12		

*Nomes científicos completos das palmeiras encontradas na transecção: *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., *Astrocaryum aculeatissimum* (Schott) Burret, *Attalea dubia* (Mart.) Burret, *Bactris hatschbachii* Noblick ex A.J. Hend., *B. setosa* Mart., *Euterpe edulis* Mart., *Geonoma elegans* Mart., *G. gamiova* Barb. Rodr., Mart. *G. pohliana* Mart., *G. schottiana* e *Syagrus pseudococos* (Raddi) Glassman. e *S. romanzoffiana* (Cham.) Glassman.

Por outro lado, não se observam diferenças nos elementos climáticos tão fortes que justifiquem a ausência de quatro espécies em Taubaté-SP em relação à Ubatuba-SP, devendo ser outros os fatores responsáveis pela diminuição do número de espécies.

No entanto, mesmo na Serra do Mar, Ubatuba-SP, conforme Oliveira et al. (2014), a distribuição de espécies de palmeiras se diferencia ao longo do gradiente de elevação. A maior diversidade de palmeiras é encontrada na Floresta Ombrófila Densa Submontana, ao passo que a menor está na Floresta Ombrófila Densa Montana. Porém, independentemente da altitude, duas espécies ocupam todas as fisionomias da Serra do Mar, *Euterpe edulis* e *Geonoma gamiova*. De acordo com a Tabela 2, esse efeito do gradiente de altitude também pode ser percebido na região de Taubaté-SP, onde ocorre redução para seis espécies; e na Serra da Mantiqueira, nas regiões de Campos do Jordão e Extrema-MG, onde os levantamentos não apontam nem mesmo a ocorrência da palmeira de sub-bosque, *Geonoma schottiana*, típica de floresta alti-montana em outras regiões da Mantiqueira (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000, VALENTE et al., 2011).

Por apresentarem forte restrição fisiológica, as palmeiras possivelmente terão a sua distribuição limitada em algumas áreas, principalmente considerando um cenário de mudanças climáticas. Diante de um possível aumento na temperatura do ar (0,5°C), a maior diversidade de palmeiras poderá ocorrer a 550 m, sendo que, atualmente, elas estão presentes a 460 m, indicando uma provável migração de espécies para maiores altitudes (FISCH; TOLEDO, 2011).

Os resultados de simulações de tempo futuro apontam prováveis diferenças nos números de dias com temperaturas inferiores a 10°C. Essas simulações apontam que, para o intervalo de tempo 2011-2040, Campos do Jordão-SP apresentará um menor número de dias com temperatura inferiores a 10°C, favorecendo a ocorrência das palmeiras, se este for o fator que as restringem.

Para as palmeiras de mais ampla distribuição na região, como *Euterpe edulis* e *Syagrusromanzoffiana* (GOMES et al., 2005, D'ORAZIO;

CATHARINO, 2013) e para a de sub-bosque *Geonoma schottiana*, frequente nas florestas alti-montana (OLIVEIRA FILHO; FONTES, 2000), esperava-se encontrar registros de ocorrência tanto em Campos do Jordão-SP como em Extrema-MG (Tabela 2). Fatores como fragmentação florestal, histórico de uso e ocupação do solo bem como ausência de organismos dispersores podem estar limitando a ocorrência dessas palmeiras nesses locais (EISERHARDT et al., 2011).

Alguns estudos realizados em outros trechos da Serra da Mantiqueira apontam diferenças de similaridades na composição florística entre Campos do Jordão-SP e Camanducaia-MG, na região de Extrema-MG, destacando provável influência da altitude nesses locais (VALENTE et al., 2011). Além da altitude mais elevada, tudo indica que a própria localização de Extrema-MG, na face oposta da Serra da Mantiqueira, voltada para o interior mineiro, promove um ambiente mais seco que a face voltada para o Vale do Paraíba, o que também pode ser observado nos dados climáticos apresentados na Tabela 1. Uma vez que a riqueza das palmeiras é reconhecidamente influenciada por fatores como clima, solo, topografia e hidrologia, as diferenças entre as faces da mesma serra podem contribuir para a ausência de espécies de palmeiras como as observadas para a região de Taubaté-SP, por exemplo.

As simulações climáticas (Tabela 1) indicam que, além do fato de ocorrer a diminuição do número de dias com temperaturas inferiores a 10°C, haverá aumento da temperatura do ar; portanto, pressupõe-se que as palmeiras atualmente restringidas à Serra da Mantiqueira, devido ao clima frio, possam ser futuramente favorecidas. Dessa forma, a tendência será o deslocamento em direção as altas altitudes. Em contrapartida, a riqueza irá se reduzir nas áreas baixas, zonas consideradas vulneráveis devido ao aumento da temperatura do ar (FISCH; TOLEDO, 2011). Ao migrarem para

altitudes mais elevadas, no entanto, deverão encontrar palmeiras que lá existiam antes do aquecimento, como no caso de *Geonoma schottiana*. Dessa forma, apesar de algumas espécies terem sua área de ocorrência ampliada, outras poderão sofrer competição com as palmeiras migrantes, além da chegada de patógenos e predadores que aí não existiam antes, como discutido por Laurance et al. (2011). Estudos sugerem que as palmeiras devem responder as mudanças climáticas migrando para outros habitats, ao invés de permanecer no mesmo lugar tolerando o novo ambiente (FISCH; TOLEDO, 2011). Como não serão capazes de passar por um processo de evolução diante de temperaturas elevadas em tão curto período de tempo, a migração para locais mais adequados pode ser o caminho mais provável que permitirá aos diversos grupos de plantas escaparem às mudanças climáticas. No entanto, o sucesso da migração dependerá da existência de um novo nicho e da ausência de barreiras, como as provocadas pela fragmentação dos habitats (CHRISTIMAS et al., 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados gerados no presente trabalho permitem inferir que, com base nos levantamentos realizados, há distribuição desigual da ocorrência de palmeiras na região de estudo, indicando que a mesma é influenciada pelas variações de fatores abióticos e bióticos geradas pelo gradiente de altitude.

Para a transeção estudada, verificou-se a ocorrência de doze espécies de palmeiras, sendo nove em Ubatuba-SP, seis espécies em Taubaté-SP e, no trecho da serra Mantiqueira, a presença de apenas uma única espécie. Entre os fatores limitadores, sugere-se a influência das temperaturas mais baixas, como observado nas áreas de maior altitude, pois

as palmeiras são suscetíveis ao frio, devido ao seu metabolismo não apresentar dormência fisiológica.

As simulações de clima futuro apontam que deve ocorrer uma diminuição do número de dias com temperaturas inferiores a 10°C para a região, o que propiciará a migração de algumas espécies de palmeiras de florestas de terras e sub-montanas da Mata Atlântica, atualmente presentes em Ubatuba-SP e na região do Vale do Paraíba, para as áreas de altitudes mais elevadas da floresta montana da Serra da Mantiqueira, em que o clima frio do passado restringiu o seu desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CPTEC/INPE, pela concessão das informações utilizadas neste trabalho (Dr. José Marengo); ao Mestre Tiago Adriano dos Santos, pela ajuda no uso dos modelos de simulação climática; e ao projeto ECOFOR/FAPESP, em especial ao Dr. André Rochelle, pela elaboração e disponibilização do mapa da área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHRISTMAS, M.J.; BREED, M.F.; LOWE, A.J. Constraints to and conservation implication for climate change adaptation in plants. **Conservation Genetics**, Dordrecht, v.17, n.2, p.305-320, 2016.

COLOMBO, A.F.; JOLY, C.A. Brazilian Atlantic Forest latu sensu: the most ancient Brazilian Forest, and a biodiversity, is highly threatened by climate change. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v.70, n.3 p.697-708, 2010.

DIAS, V.; FISCH, G.; FISCH, S.T.V. Simulações de clima futuro no domínio da Mata Atlântica, transecção Ubatuba/SP e Extrema/MG. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n.5, p. 1042-1055, 2016.

D'ORAZIO, F.A.E.; CATHARINO, E.L.M. Estrutura e florística de dois fragmentos de florestas aluviais no Vale do rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 567-582, 2013.

EISERHARDT, W.L.; SVENNING, J.C.; KISSLING W.D.; BALSLEV, H. Geographical ecology of the palms (Arecaceae): determinants of diversity and distributions across spatial scales. **Annals of Botany**, Oxford, v.108, n.8, p.1391-1416, 2011.

GOVAERTS, R.; DRANSFIELD, J. **World checklist of palms**. Richmond: Royal Botanic Gardens Kew. 2005.

FISCH, G. Caracterização climática e balanço hídrico de Taubaté (SP). *Revista Biociências*, Taubaté, v. 1, n. 1, p. 81- 90, 1995.

FISCH, S.T.V.; GOMES, E.P.C. Métodos de amostragem de palmeiras (Arecaceae) e estudo de caso na restinga de Ubatuba, São Paulo, Brasil. In: PEDRO VASCONCELLOS EISENLOER; JEANINE FELFILI (IN MEMORIAN); MARIA MARGARIDA DA ROCHA FIUZA DE MELLO; LEONALDO ALVES DE ANDRADE; JOÃO AUGUSTO ALVES MEIRA NETO. **Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de caso**. Viçosa: Editora UFV, 2015, v.2, 474p.

FISCH, S.T.V.; TOLEDO, M.C.B. Influence of climate change in palms (Arecaceae) richness distribution along an altitudinal gradient in Atlantic Rains Forest, Brazil. In: **3rd IIEAPS Science Conference, 2011**, Garmisch-Partenkirchen, Abstracts from 3rd IIEAPS Science Conference, 2011.

FRANÇA, G.S.; STEHMANN, J.R. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de uma floresta altimontana no município de Camanducaia, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.27, n.1, p.19-30, 2004.

GOVAERTS, R.; DRANSFIELD, J. **World checklist of palms**. Richmond: Royal Botanic Gardens Kew. 2005.

GOMES, E.P. C.; FISCH, S.T.V.; MANTOVANY, W. Estrutura e composição do componente arbóreo na reserva ecológica do Trabiçu, Pindamonhangaba, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, Belo Horizonte, v.19, n. 3, p 451-464, 2005.

GOMES, W.P., AMORIM, M.C.C.T., DUBREUIL, V. Modelagem da Ilha de Calor Urbana Aplicada ao Ambiente Litorâneo - Ubatuba/Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 34, p. 82-94, 2017.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. 1995. **Field guide to the palms of the Americas**. Princeton: Princeton University Press, 190 p.

HILARIO, R.R., TOLEDO, J.J. Effects of climate and forest structure on palms, bromeliads and bamboos in Atlantic Forest fragments of Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, vol. 76, no. 4, pp. 834-844, 2016. (<http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.00815>).

LAURANCE, W.F.; USECHE, D.C.; SHOO, L.P.; HERZOG, S.K., KESSLER, M.; ESCOBAR, F.; BREHM, G.; AXMACHER, J.C.; CHEN, I.; GAMEZ, L.A.; HIETZ, P.; FIEDLER, K.; PYRCZ, T.; WOLF, J.; MERKORD, C.L.; CARDELUS, C.; MARSHALL, A.R, AH-PENG, C.; APLET, G.H.; AARIZMENDI, M.; BAKER, W.L; BARONE, J.; BRÜHL, C.; BUSSMANN, R.W.; CICUZZA, D.; EILU, G.; FAVILA, M.E.; HEMP, A.; HEMP, C.; HOMEIER, J.; HURTADO, J.; JANKOWSKI, J.; KATTÁN, G.; KLUGE, J.; KRÖMER, T.; LEES, D.C.; LEHNERT, M.; LONGINO, J.T.L; LOVETT, J.; MARTIN, P.H, PATTERSON, B.D.; PEARSON, R.G.; PEH, K.S; RICHARDSON, B.; RICHARDSON, M.; SAMWAYS, M.J.; SENBETA, F.; SMITH, T.B; UTTERIDGE, T.M.A.U.; WATKINS, J.E.; WILSON, R.; WILLIAMS, S.E; THOMAS, C.D. Global warming elevation ranges and the vulnerability of tropical biota. **Biological Conservation**, Austrália, v. 144, n.1, p. 548-557, 2011.

MEIRELES, L.D; KINOSHITA, L.S; SHEPHERD, G.H. Composição florística da vegetação altimontana do distrito de Monte Verde (Camanducaia, MG), Serra da Mantiqueira Meridional, Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.65, n.4, p. 831-859, 2014.

MYERS, N.; MITTERMEIRC, G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, n.333, p.853-858, 2000.

OLIVEIRA-FILHO, A.; FONTES, M.A. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, Washington, v.32 n.4, p.793-810, 2000.

OLIVEIRA, K.; FISCH, S.T.V.; DUARTE, J.S.; DANELLI, M.F.; MARTINS, L.F.S.; JOLY, C.A. Estrutura e distribuição espacial de populações de palmeiras em diferentes altitudes na Serra do Mar, Ubatuba, São Paulo, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.65, n.4, p.1043-1055, 2014.

PEREIRA-SILVA, E.F.L; HARDT, E.; FRANCISCO, C.E.S. Caracterização Florística da vegetação lenhosa de um fragmento urbano de Floresta Ombrófila Mista Alto Montana, Campos do Jordão, SP. **Holos Environment.**, Rio Claro, v.7, n.2, p.154-170, 2007.

PIROVANIA, D. B., PEZZOPANE, J.E.M. XAVIER, A.C., PEZZOPANE, J.R.M., JESUS JUNIOR, W.F., MACHUCA, M.A. H., SANTOS, M.A.D.A. dos, SILVA, S.F. da, ALMEIDA, S.L.H. de, PELUZIO, T.M.de O., EUGENENIO, F.C., MOREIRA, T.R, ALEXANDRE, R.S., dos SANTOS, A.R. (2018). Climate change impacts on the aptitude area of forest species. *Ecological Indicators* 95 (2018) 405–416 (<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.08.002>)

PUNYASENA, S.W.; ESHEL, G.; MCELWAIN, J.C. The influence of climate on the spatial patterning of Neotropical plant families. **Journal of Biogeography**. Anglia, v.35, n.1, p.117-130, 2008.

REICHGELT, T., WEST, C.K., GREENWOOD, D.R. The relation between global palm distribution and climate. **SCIENTIFIC REPORTS** | (2018) 8:4721 | DOI:10.1038/s41598-018-23147-2.

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J.; HIROTA, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Austrália, v. 142, n.6, p.1141-1153, 2009.

SANCHEZ, M.; PEDRONI, F.; LEITÃO-FILHO, H.F.; CESAR, O. Composição florística de um trecho de floresta ripária na Mata Atlântica em Picinguaba, Ubatuba, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.22, n.1, p.31- 42, 1999.

SOUZA, R.P.M; SOUZA, V.C.; POLISEL, R.T.; IVANAUUSKAS, N.M. Estrutura e aspectos da regeneração natural de Floresta Ombrófila Mista no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v.39, n.3, p. 387-407, 2012.

TOMLINSON, P.B. The uniqueness of palms. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v.151, n.1, p.5-14, 2006.

VALENTE, A.S.M; GARCIA, P.O.; SALIMENA, F.R.G.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Composição, estrutura e similaridade florística da Floresta Atlântica, na Serra Negra, Rio Preto-MG. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.62, n.2, p.321-340, 2011.

WAGNER, F.H., AIDAR, M.P.M., ROCHELLE, A.L.C., TARABALKA, Y. FONSECA, M.G., PHILLIPS, O.L., GLOOR, R., ARAGÃO, L.E.O.C. Mapping Atlantic rainforest degradation and regeneration history with indicator species using convolutional network. **PLOS ONE** 15(2): e0229448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229448>, New Zealand, 2020.

WALTHER, G.R.; GRITTI, E.S.; BERGER S.; HICKLER, T.; TANG, Z.; SYKES, M. Palms tracking climate change. **Global Ecology and Biogeography**, New York, v.16, p.801-809, 2007.

CAPÍTULO 4

O physycal-chemical and microbiological analysis of water from shallow wells in Rolim de Moura (RO), Brazil¹

Uiles Jesus Oliveira², Rosalvo Stachiw³, Cecilia Nahomi Kawagoe Suda⁴, Edson Rodrigues⁴, Paulo Fortes Neto⁴, Gannabathula Sree Vani⁴

INTRODUCTION

Brazil has the largest water resources in the world with about 8,233 km³ · year⁻¹ of water (about 20% of the fresh surface water) (FAO, 2003), but there is a great disparity in supply of treated piped water among the different regions. The north is the most affected. In this region, where only 57.5% of population has access to public water supply, well water is the sole source for most households. As only 10.2% of the population have access to public sanitation (BRAZIL, 2019), most of the households use septic tanks to dispose of sewage. Seepage from improperly designed or broken septic tanks, and their proximity to the well (<30 m), pit latrines, cesspools and privies often result in the contamination of wells.

¹Este capítulo é derivado de parte da dissertação de mestrado do primeiro autor no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté, SP, Brasil.

²Docente Ms da Faculdade São Paulo de Rolim de Moura (FSP), Avenida 25 de agosto, 6961, bairro São Cristovão, CEP: 76940-000, Rolim de Moura, RO, Brasil.

³Docente da Univerisdade Federal de Rondônia (UNIR), Avenida Norte-Sul, 7300, Bairro Morada, CEP: 76940-000, Rolim de Moura, RO, Brasil.

⁴Docente Doutor da Universidade de Taubaté, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Departamento de Ciências Agrárias, Estrada Municipal Dr. José Luis Cembranelli, 5000, Fazenda Piloto – Itaim, CEP 12081-010, Taubaté, SP, Brasil, e-mail: cnksuda@hotmail.com

Agricultural pollution from irrigation water and runoff water from rains, carrying fertilizers, pesticides, herbicides and fecal matter can also contaminate well water (VICENTE et al., 2018). The municipality of Rolim de Moura, with an estimated population of 54,702 in 2018, is 7th most populated town in the state of Rondônia in the north of Brazil (IBGE, 2019) and is the main town of the Rondoniense forest zone (Zona da Mata Rondoniense). Only 31.1% of population of Rolim de Moura had access to treated and piped water supply in 2000 (IBGE, 2010), and 1.6% had access to public sanitation with sewage collection and treatment in 2013 (ANA, 2013). In 2000, 67.3% of population of the municipality had wells in their lands (IBGE, 2010) and 5.3 per 1000 people were hospitalized because diarrhea in 2016. This proportion is the 6th highest among 52 municipalities of the Rondônia state (IBGE, 2019). According to Stachiw et al. (2011) in Rolim de Moura, 2,026 wells were registered, of which 1,840 (90.8%) are active and the rest inactive. Because of the importance of well water for the town, we examined the quality of water in 30 shallow wells (<10 m) that are used for domestic purposes in five different localities in Rolim de Moura. The water quality was tested in accordance with the Ministry of Health ordinance (BRASIL, 2017) which establishes the maximum permissible limits to parameters for the domestic water use. Of these 30 wells, 30% are used as the principal source of water. Water from the remaining wells is used to supplement the public water supply. The water from the wells is used mainly for washing, cooking and gardening.

DEVELOPMENT

The study area is in the municipality of Rolim de Moura, state of Rondônia, Brazil. Water samples (350 mL) from the six shallow wells from five different localities (Figure 1) were collected in March 2017.

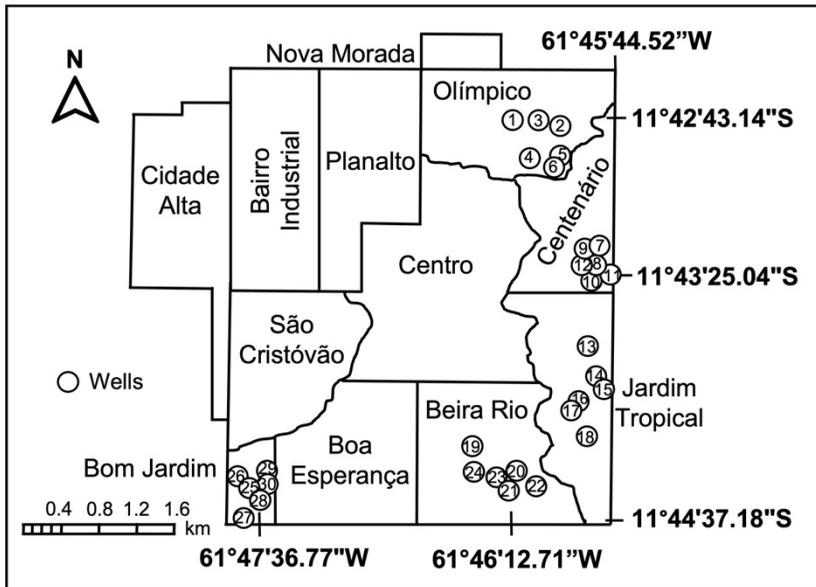


Figure 1. Location of the 30 wells used in the study, from five different localities in the municipality of Rolim de Moura, Rondônia, Brazil.

The depth of the wells varied from 4 m to 10 m with a mean of 7.8 m, the well diameter varying from 1.1 m to 1.4 m. Except for the part of the well about 1 m above the ground, none of the wells were lined. None of the households drawing water from these wells had access to public sanitation or had asphalted roads. The water samples were collected at a depth of 30 cm below the water surface in a polyethylene container that were earlier washed by deionized water, sterilized in an autoclave, dried and stored in a thermal box at a temperature of 10 °C. For each of the samples the pH, turbidity, hardness, temperature, dissolved oxygen, apparent color, electrical conductivity, microorganisms (total coliforms and *E. coli*) and

nitrite, nitrate, sodium and potassium concentrations were measured. The analysis was done following the standard procedures as specified in APHA (1998). Temperature was measured at the point where the water was collected, the remaining parameters were analyzed at the Water Laboratory at the Federal University of Rondônia. For microbiological analysis, 100ml of water sample was filtered by cellulose acetate filter membrane (0.45 μm pore size) and then put in a Petri dish, with ruled surface in contact with a culture medium (Chromocult[®] Coliform Agar). The Petri dish was kept at 35°C for 24 hours. The number of blue coloured colonies of *E. coli* and rose/lilac colored colonies of total coliforms (*Klebsiella*, *Enterobacter* and *Citrobacter*) were counted.

The levels of nitrate, turbidity, conductivity and hardness were used to compute the Relative Water Quality (RWQi) index for each well using the equation given below: (FERNANDES and LOUREIRO, 2006).

$$RWQi = \frac{Vi}{ULi}$$

Where,

Vi = value of parameter analyzed, Vi used in this study was V_{NO_3} , $V_{turbidity}$, $V_{conductivity}$ and $V_{hardness}$.

ULi = Upper Limits for the parameter, with: nitrate = 10 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, turbidity = 5 NTU, conductivity = 1470 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, hardness = 500 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ of CaCO_3 (MENEZES et al., 2011).

The arithmetic mean for all the RWQi (RWQ_{well-mean}) was then computed for each well. For comparison of water quality of wells between different localities was also computed:

RWQ_{i-mean} = mean value of RWQi for the ith parameter for all the wells in the same area, viz:

$RWQ_{NO3-mean}$, $RWQ_{turbidity-mean}$, $RWQ_{conductivity-mean}$, $RWQ_{hardness-mean}$.

The relative water quality index for each locality was computed as:

$$RWQ = \frac{RWQ_{NO3-mean} + RWQ_{turbidity-mean} + RWQ_{conductivity-mean} + RWQ_{hardness-mean}}{4}$$

The proximity of pH to 6.0 as a % was computed as:

$$\% = \frac{pH \text{ of sample}}{6.0} \cdot 100$$

Temperature varied between 27.4°C and 30.6°C with a mean of 28.8°C, which is similar to the results obtained by Riquelme (2015) and by Stachiw (2011) for wells in the same municipality.

The water in all the wells was acidic with the pH below 5.6 in almost all the wells and a mean of 4.85 (Table 1) that is similar to the result obtained by Nascimento et al. (2016), Rodrigues et al. (2014), Lauthartte (2013) and Riquelme (2015) for other wells in Rondônia. Although pH usually has no direct impact on drinking water, along with temperature, it is one of the most important operational water quality parameters as it can influence a number of other parameters. Acidic water also favors the reaction of any metals present in the soil increasing their concentration in water and can result in dental caries, gastric ulcers, otitis and other diseases.

Table 1. Measured parameters for 30 shallow water wells in the Municipality of Rolim de Moura (RO), Brazil, March 2017

Wells	DO	T	pH	Color	NTU	EC	Hardness	Na	K	NO ₂	NO ₃	E.coli	FC
P01	3.1	28.1	<u>3.9</u>	3.3	3.26	153.8	70.4	30	40	0.04	<u>11.45</u>	<u>70</u>	<u>4.780</u>
P02	2.3	29.3	<u>5.53</u>	7.3	4.67	188.6	83.2	0	50	0.05	<u>11.79</u>	<u>22</u>	<u>650</u>
P03	1.0	30.6	<u>5.50</u>	6.2	0.20	146.3	108.8	52	105	0.05	<u>10.07</u>	<u>80</u>	<u>4340</u>
P04	4.1	29.1	<u>5.07</u>	5.4	0.48	133.4	102.4	40	70	0.04	8.93	<u>230</u>	<u>4870</u>
P05	1.5	28.5	<u>3.94</u>	4.6	2.75	120.4	96.0	30	60	0.04	<u>12.21</u>	<u>30</u>	<u>2670</u>
P06	2.4	28.5	<u>4.17</u>	5.2	2.47	116.8	64.0	30	80	0.04	<u>10.15</u>	<u>250</u>	<u>2370</u>
P07	3.6	29.5	<u>5.04</u>	5.1	1.66	125.9	38.4	23	117	0.04	8.75	<u>20</u>	<u>2630</u>
P08	3.7	29.1	<u>5.04</u>	3.5	2.32	111.8	83.2	29	108	0.04	9.51	<u>10</u>	<u>730</u>
P09	3.2	29.2	<u>4.68</u>	4.1	2.41	93.7	38.4	13	125	0.04	8.67	<u>20</u>	<u>50</u>
P10	2.3	28.4	<u>5.01</u>	5.4	1.96	116.4	76.8	30	100	0.06	<u>10.38</u>	<u>10</u>	<u>490</u>
P11	1.5	28.7	<u>4.82</u>	1.4	0.27	152.9	89.6	30	230	0.05	<u>11.08</u>	0	<u>300</u>
P12	2.7	29.1	<u>4.69</u>	1.5	0.80	153.2	115.2	50	280	0.06	<u>12.59</u>	<u>140</u>	<u>3920</u>
P13	2.9	28.8	<u>5.69</u>	0.3	1.68	175.5	89.4	67	103	0.04	<u>11.62</u>	<u>50</u>	<u>1670</u>
P14	2.1	30	<u>3.83</u>	0.4	1.89	98.4	29.8	4	143	0.04	<u>7.75</u>	0	<u>28.40</u>
P15	2.4	28.8	<u>4.41</u>	1.8	1.91	32.1	35.96	6	62	0.04	9.82	<u>40</u>	<u>1470</u>
P16	2.5	29.8	<u>3.61</u>	0.4	2.62	123.6	47.7	30	50	0.04	6.17	<u>10</u>	<u>1470</u>
P17	2.3	28.2	6.11	2.1	2.68	176.5	77.5	4	106	0.04	8.81	<u>10</u>	<u>100</u>
P18	2.6	28.1	<u>4.75</u>	0.2	0.00	75.6	101.3	6	10	0.04	9.23	<u>10</u>	<u>880</u>
P19	1.7	28.2	<u>4.66</u>	0.8	3.99	133.5	71.5	40	10	0.04	8.69	<u>10</u>	<u>520</u>
P20	3.4	28.1	<u>4.82</u>	2.7	2.24	142.1	119.2	50	40	0.05	<u>10.13</u>	<u>110</u>	<u>4640</u>
P21	2.2	28.3	6.78	0.2	1.81	188.9	107.3	40	60	0.04	<u>11.60</u>	<u>40</u>	<u>830</u>
P22	2.3	28.4	<u>4.32</u>	0.8	2.80	111.3	107.3	27	123	0.05	7.43	<u>230</u>	<u>1030</u>
P23	3.8	29.4	<u>4.74</u>	0.6	2.07	145.6	119.2	30	50	0.04	<u>10.89</u>	<u>130</u>	<u>3410</u>
P24	4.5	27.4	<u>4.48</u>	3.7	1.74	191.1	101.3	50	20	0.04	<u>11.96</u>	<u>30</u>	<u>840</u>
P25	2.1	29.7	<u>4.48</u>	6.1	0.00	150.3	59.6	56	101	0.04	<u>11.35</u>	<u>60</u>	<u>860</u>
P26	2.5	28.5	<u>4.75</u>	4.4	0.85	163.1	133.8	40	10	0.05	8.46	<u>140</u>	<u>2960</u>
P27	2.1	29.8	<u>5.10</u>	3.1	1.22	88.1	89.4	20	101	0.07	8.23	<u>460</u>	<u>3740</u>
P28	1.7	27.8	<u>4.96</u>	7.2	4.40	100.9	77.5	20	121	0.05	7.74	<u>830</u>	<u>3160</u>
P29	3.8	28.3	<u>5.66</u>	10.2	<u>7.63</u>	123.9	101.2	24	126	0.04	9.04	<u>780</u>	<u>4530</u>
P30	2.6	28.8	<u>5.03</u>	9.1	<u>8.60</u>	123.5	113.2	23	125	0.06	<u>10.11</u>	<u>860</u>	<u>4260</u>

Abbreviations, units and the limits established by the Brazilian Ministry of Health (BRASIL, 2017), if any: DO= Dissolved Oxygen (mg·L⁻¹), T= Temperature (°C); 6<pH<9; Color <15 HU; NTU= Turbidity <5 NTU; EC= Electrical Conductivity<1470 µS cm⁻¹; Hardness<500mg·L⁻¹; Na⁺= Sodium< 200mg·L⁻¹; K⁺= Potassium (mg·L⁻¹); NO₂⁻= Nitrite <1 mg·L⁻¹; NO₃⁻= Nitrate<10 mg·L⁻¹; *E. coli* and FC= Total Fecal Coliforms (CFU·100 ml⁻¹), both absent in 100 mL. Well localization: P01 – P06 = Olímpico, P07 – P12 = Centenário, P13 – P18= Jardim Tropical, P19 – P24= Beira Rio, P25 – P30= Bom Jardim. Values that are not within the limits are underlined.

The low pH could be the result of nature of the underlying rock and soil (high levels of aluminum, nitrate and sulfate) through which the underground water flows, dissolved gases, oxidation of organic matter and sewage or any combination of these (VON SPERLING, 2005).

Only two wells (P29 and P30) had turbidity above the acceptable limit of 5.0 NTU for untreated water, while 7 wells (P03, P04, P11, P12, P18, P25 and P26) had turbidity limits below 1.0 NTU recommended for drinking water. Hence the water from the remaining wells are suitable for washing but need to be further treated for drinking. Nascimento et al. (2016) also had similar results wherein 10% of the wells had unacceptable turbidity. The two wells that had high turbidity were found to have large quantities of suspended soil and organic matter and could be the result of the runoff of rain water into the well. Increases in turbidity do not necessarily indicate a health risk as different sources and particle types contribute to turbidity and not all turbidity increases are associated with contamination.

Micro-organisms commonly associated with increases in turbidity, form only a small fraction of the suspended particles, and pathogens are even a smaller fraction. In general, however, the higher the turbidity levels, the higher the risk of developing gastrointestinal disease, particularly in infants, elderly and those with compromised immune systems (SCHWARTZ et al., 2000). Hardness measured by the equivalent of calcium carbonate, was well within the limits established by the Ministry of Health. The values ranged between $29.8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ to $133.78 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ with a mean value of $84.94 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. This is above the values found by Nascimento et al. (2016), where the mean value was $28.75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ for the wells they had analyzed. Riquelme (2015) found a similar variation in the hardness of well water between $3.68 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ to $99.36 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ and a mean of $34.72 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ during the wet season. Hard water is generally not considered harmful for human health but makes cleaning difficult as it leaves residues. Hard water with high mineral content makes it difficult to drink as it has an unpleasant

taste. Considerable research exists to show that the main contributors to hardness, calcium (Ca) and magnesium (Mg) are needed for human health (WHO, 2011). Total hardness of water with a concentration greater than 200 mg·L⁻¹ with a Mg concentration less than 7 mg·L⁻¹ can cause adverse effects on human health (NERBRAND et al., 2003).

The concentration of nitrites in all the well waters was much less than the upper limit of 1 mg·L⁻¹. Similar results were found by Riquelme (2015), Nascimento et al. (2016) and Souza Muler and Silva Filho (2015). However, for nitrates, there is a variation across the regions to just slightly over the permissible limit of 10 mg·L⁻¹. In Olímpico (P01 – P06) almost all the wells (83.3%) have a value above 10 mg·L⁻¹, whereas Jardim Tropical (P13 – P18) except for one well (P13) and Bom Jardim (P25 – P30) except for P25 and P30, the nitrates are within the limits. Adults are not affected by the amount of nitrates that have been measured in the wells. The 10 mg·L⁻¹ limit is set for infants less than a year old who are fed formula mixed with well water. In infants, methemoglobins, caused by nitrates in water can result in oxygen deprivation (WOLFE and PATZ, 2002). Boiling will not eliminate nitrates, but in fact may concentrate it. For natural uncontaminated aquifers, the nitrate concentration is usually below 4 mg·L⁻¹. Higher values are almost always an indication of impact of human activity. Nitrate pollution of groundwater is now a worldwide problem and studies have shown that there is a high correlation between agriculture and nitrates in groundwater (SHRESTHA and LADHA, 2002). In addition to fertilizers, point sources of nitrogen pollution of groundwater can be from septic tanks used for disposal of domestic sewage (WAKIDA and LERNER, 2005). Two wells were within a distance of 7m and 8m from septic tanks. All the other wells were between 10 to 15 m from septic tanks. The minimum recommended distance is 15m between wells and septic

tanks and least 45m from other sources of contamination such as pigsties, stables, garbage dumps/landfills etc (FUNASA, 2013).

All the wells had low levels of sodium, varying between $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ to $67 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, with a mean value of $29.8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Lauthartte (2013), who did a similar analysis in Jaci-Paraná, found much lower sodium levels between $0.038 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ to $50.11 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ and a mean of $7.17 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, well below that in the wells of Rolim de Moura. Four of the six wells in Jardim Tropical have concentrations well below $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. In the other regions the concentrations have a much larger variation. Sodium is an essential nutrient for humans whose upper limit for daily intake is still not fully settled. A concentration greater than $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, however, alters the taste of water and hence this is the usual limit (WHO, 2011).

As far as potassium is concerned, 3 wells (10%) have concentrations of $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 11 (36.7%) between 10 to $99 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 16 (53.3% and all of them from Centenário) equal to or above $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, with a mean of $90.86 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. The concentration of potassium in uncontaminated ground water is usually less than $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, and high values always indicate leaching from agricultural runoff. There are currently no limits set for potassium concentration either by the Ministry of Health or the WHO (WHO, 2011; BRASIL, 2017). Potassium, like sodium is an essential nutrient for human health. Adverse health effects from exposure to increased potassium in drinking water are unlikely in healthy people.

Apparent color in all the samples was well within the limits of 15 Hazen units (HU), but with wide variation in different regions, with a mean of 3.57 HU. In four of the six wells from Jardim Tropical (66.6%) and Beira Rio (66.6%) have color $<1 \text{ HU}$. The wells P29 and P30 from Bom Jardim had the highest values not only for color but also for turbidity. Stachiw et al. (2016) also obtained similar limits. This is in contrast to the results of

Riquelme (2015), who found that 78.7% of the wells in the urban region of Rolim de Moura, had color well above 15 HU, during wet season, and 72.2% during dry season. Although, color does not pose a risk to health, its presence can indicate deteriorating groundwater quality and is often an indication of other problems such as *a*) dissolved minerals such as iron, manganese, copper or zinc, *b*) dissolved organic matter such tannin, lignin or even coal. This could be due to natural causes or indicate contamination from infiltrating water. It should be kept in mind that just because the well water is colorless, it does not mean that that is free of pollutants or minerals (WHO, 2011).

Electrical conductivity is related to the ionic content of the sample which is in turn a function of the dissolved (ionizable) solids concentration, the relevance of easily performed conductivity measurements is apparent. The electrical conductivity in the 30 wells in Rolim de Moura varied between 32.1 to 191.1 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, with a mean of 131.9 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. This is slightly more than those obtained by Nascimento et al. (2016) (101.3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Rodrigues et al. (2014), analyzing the water from shallow wells in Porto Velho, found a variation between 9.42 to 73.12 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ with a mean of 46.3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, which was much less than those at Rolim de Moura. By itself, conductivity is of little interest for water quality, but it is an invaluable indicator of the range into which hardness and alkalinity values are likely to fall, and also of the order of the dissolved solid content of water. The standards of Ministry of Health and WHO do not specify the standard for conductivity, but Menezes et al. (2011) calculated it from value of total dissolved solids and specified an upper limit of 1470 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ at 20 °C. It is important to note that there is an interrelationship between conductivity and temperature, the former increasing with temperature at a rate of some 2 per cent per degree rise. While a certain proportion of the

dissolved solids (for example, those which are of vegetable origin) will not be ionized (and hence will not be reflected in the conductivity figures) for many surface waters the following approximation is used: Conductivity ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) $\times 2/3 =$ Total Dissolved Solids ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). However, this is an empirical rule, and that it can give errors of up to 30%, as the relation between total dissolved solids and conductivity is not always linear, particularly at high and low salinities (WALTON, 1989). Ministry of Health and WHO specified $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ for total dissolved solids at 25°C . In all the wells the total dissolved solids are well within the permissible limits (WHO, 2011; BRASIL, 2017).

Only two wells P4 and P24 had dissolved oxygen concentration above $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, while P3, P5, P11, P19 and P28 were well below $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. These results are similar to those obtained by Rodrigues et al. (2014) in Porto Velho, where the measured values in all the 166 wells investigated were below $3.75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Shallow wells ($<10 \text{ m}$) have high quantities of dissolved oxygen, due to infiltration of rain water. Hence low values of dissolved oxygen could be due to aerobic decomposition of organic matter by microorganisms (MOTA, 1995), which appears to be the case as all the wells had unacceptable concentrations of microorganisms.

F-ec/al matter of either human or animal origin. Various factors could have contributed to this such as the improper maintenance of the wells, improper design and maintenance of the septic tanks, septic tanks too close to the well ($<10\text{m}$), presence of cesspools. In fact, the pollution of shallow water wells is not just a problem in the Municipality of Rolim de Moura but is a significant problem in many parts of Brazil (NASCIMENTO and BARBOSA, 2005; CAPPI et al., 2012; SILVA et al., 2013).

Since the measurements were made during rainy season, it is possible that the rain water with microorganisms has infiltrated the wells. In

addition, to this there may have been a leakage from septic tanks into the wells. The latter can only be verified by examining the water parameter during the dry season (July and August). However, Riquelme (2015) found higher indexes of *E. coli* contamination during dry season than rainy season in the wells of Rolim de Moura, suggesting that the contamination occurs independently of the rain. Since none of the wells are exposed directly to the atmosphere and sunlight, but have high levels of coliforms, the low DO could be due to microbial activity. Unexposed ground water, in general, should have low DO, as most of the oxygen should have been oxidized during the movement of underground water down its hydraulic gradient (WINOGRAD and ROBERTSON, 1982). Hence there is a need to examine the source of the ground water in an uncontaminated well. Another factor that needs to be accounted for is the low pH in all the wells. This could be due to the microbial activity, when bacteria release lactic acid. The increased nitrate concentration is definitely due to the use of fertilizers (LORD et al., 2002). In addition to nitrates, fertilizers also contain a lot of phosphates, but this has not been measured.

The Relative Water Quality index ($RWQ_{\text{well-mean}}$) of the 30 wells varied between 0.29 to 0.76, with two wells (P29 and P30) having a value greater than 0.6 (Table 2).

This index developed by Fernandes and Loureiro (2006), classifies water as excellent ($0 < RWQ < 0.3$), good ($0.3 < RWQ < 0.6$), fair ($0.6 < RWQ < 0.9$), bad ($0.9 < RWQ < 1.2$) or very bad ($RWQ > 1.2$).

According to this index, most of the wells examined can be classified as good. Fernandes and Loureiro (2006) proposed this index based on only three parameters (nitrates, chlorate and total dissolved solids). However, the authors, suggested that other parameters could also be used if the reference values are known.

Table 2. Relative water quality index (RWQ) of each well with respect to NO_3^- , turbidity, conductivity, Hardness and the mean value for wells ($\text{RWQ}_{\text{well-mean}}$) in Rolim de Moura

Wells	RWQ_{NO_3}	$\text{RWQ}_{\text{turbidy}}$	$\text{RWQ}_{\text{conductivity}}$	$\text{RWQ}_{\text{hardnes}}$	$\text{RWQ}_{\text{well-mean}}$
P01	1.15	0.65	0.10	0.14	0.51
P02	1.18	0.93	0.13	0.17	0.60
P03	1.01	0.04	0.10	0.22	0.34
P04	0.89	0.10	0.09	0.20	0.32
P05	1.22	0.55	0.08	0.19	0.51
P06	1.02	0.49	0.08	0.13	0.43
P07	0.88	0.33	0.09	0.08	0.34
P08	0.95	0.46	0.08	0.17	0.41
P09	0.87	0.48	0.06	0.08	0.37
P10	1.04	0.39	0.08	0.15	0.42
P11	1.11	0.05	0.10	0.18	0.36
P12	1.26	0.16	0.10	0.23	0.44
P13	1.16	0.34	0.12	0.18	0.44
P14	0.78	0.38	0.07	0.06	0.32
P15	0.98	0.38	0.02	0.07	0.36
P16	0.62	0.52	0.08	0.10	0.33
P17	0.88	0.54	0.12	0.15	0.42
P18	0.92	0.00	0.05	0.20	0.29
P19	0.87	0.80	0.09	0.14	0.48
P20	1.01	0.45	0.10	0.24	0.45
P21	1.16	0.36	0.13	0.21	0.47
P22	0.74	0.56	0.08	0.21	0.40
P23	1.09	0.41	0.10	0.24	0.46
P24	1.20	0.35	0.13	0.20	0.47
P25	1.14	0.00	0.10	0.12	0.34
P26	0.85	0.17	0.11	0.27	0.35
P27	0.82	0.24	0.06	0.18	0.33
P28	0.77	0.88	0.07	0.15	0.47
P29	0.90	1.53	0.08	0.20	0.68
P30	1.01	1.72	0.08	0.23	0.76

Well localization: P01 – P06 = Olímpico, P07 – P12 = Centenário, P13 – P18= Jardim Tropical, P19 – P24= Beira Rio, P25 – P30= Bom Jardim. RWQ classification: excellent ($0 < \text{RWQ} < 0.3$), good ($0.3 < \text{RWQ} < 0.6$), acceptable ($0.6 < \text{RWQ} < 0.9$), poor ($0.9 < \text{RWQ} < 1.2$) or bad ($\text{RWQ} > 1.2$).

In this work the parameters used are nitrates, turbidity, conductivity and hardness to compare the water quality of wells as well those between different localities. As the maximum value for number of

microorganism colonies in a sample is zero for human consumption (BRASIL, 2008; 2017), this parameter cannot be used for computing the RWQ. In general, the mean water quality according to this index, is similar in all the localities (Table 3).

Table 3. Relative Water Quality index (RWQ) and fecal coliforms of well water in five localities in Rolim de Moura. The values are mean standard deviation. RWQ_{NO3-mean} is the RWQ with respect to nitrate

Well localization	RWQ	Quality*	% proximity to pH of 6.0**	RWQ _{NO3-mean}	Total Fecal Coliforms
Jardim Tropical	0.37 ± 0.06	GOOD	78.9 ± 16.7	0.89 ± 0.19	1405 ± 907
Centenário	0.40 ± 0.04	GOOD	81.3 ± 2.9	1.02 ± 0.15	1353 ± 1559
Olimpico	0.46 ± 0.11	GOOD	78.1 ± 12.8	1.08 ± 0.13	3280 ± 1674
Beira Rio	0.47 ± 0.03	GOOD	82.8 ± 15.1	1.01 ± 0.18	1878 ± 1715
Bom Jardim	0.50 ± 0.19	GOOD	83.3 ± 6.6	0.92 ± 0.13	3251 ± 1319

*RWQ classification: excellent (0<RWQ<0.3), good (0.3<RWQ<0.6), acceptable (0.6<RWQ<0.9), poor (0.9<RWQ<1.2) or bad (RWQ>1.2).

**The pH must be between 6.0 and 9.5. A value of 100% indicates that pH is 6.0. Values below 100% indicate pH is below 6.0 and greater than 158% indicates pH is above 9.5.

However, pH, nitrate and fecal coliforms are not within the permitted values. The mean RWQ for nitrate has values around 1.0, indicating that this substance is close to or just above the maximum permitted value and yet the mean index indicates that the water quality is good, a deficiency that was also pointed out by Coutinho et al. (2013). The presence of total coliforms in all the wells make the water unfit of for human consumption. For animal husbandry, the maximum permitted value for this parameter is 200·100⁻¹ mL (BRASIL, 2008) and only two wells (P9 e P17) can be used (Table 1).

Considering the results there is a greater need to measure the water quality and the various parameters all along the year, particularly during the dry season to see if the biological contamination is just due to infiltration of rain water or due to the leakage from septic tanks. In the latter

case we have to examine the quality of the septic tanks, the well linings, and well as the soil quality. There is also a need to examine the soil and the quality of the ground water as it flows down its hydraulic gradient but without exposure to contaminants to determine if the low pH, hardness and conductivity is due to the nature of the underlying geology.

CONCLUSIONS

Except for Nitrates, the physical and chemical parameters of water from wells at five different localities in Rolim de Moura were well within the allowed upper limits established by the ministry of health. In a large number of wells, the levels of total coliforms and *E. coli* were elevated, and hence the water is not fit for human use nor for animal husbandry. The proximity of the wells to septic tanks could be cause of nitrate and microbiological contamination. The presence of agrochemicals and metals has to be also investigated and necessary measures taken to avoid contamination as potable water is now an increasingly scarce resource.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

ANA. Agência Nacional de Águas. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas, Tabela completa por municípios. 2013. Available at: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>. Accessed on: May, 2019.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th. Washington DC: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, 1998.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União, Brasília (DF)**, n. 66, Seção 1, p. 64-68, 7 de abril de 2008. Available at:

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Accessed on: May 2019.

_____. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União, Brasília (DF)**, n. 190, Suplemento, p. 360, 3 de outubro de 2017. Available at: ftp://ftp.saude.sp.gov.br/ftpseesp/bibliote/informe_eletronico/2017/iels.out.17/iels194/U_PRC-MS-GM-5_280917.pdf Accessed on: Mar 2020

_____. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento (SNS)/ Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), 2019. Available at: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>. Acesso 12/04/2020

CAPPI, N. et al. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 16, n. 3, p. 77-91, 2012. Available at: DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/223649947581>. Accessed on: Jun 2019.

FAO. **Review of World Water Resources by Country**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2003. ISBN 92-5-104899-1. Available at: <http://www.fao.org/docrep/005/y4473e/y4473e00.htm#Contents>. Accessed on: May 2020.

FERNANDES, R. A.; LOUREIRO, C. O. **Índice relativo de qualidade (IRQ): um método para caracterização e hierarquização do potencial qualitativo das águas subterrâneas**. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 14. Curitiba: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2006. 14p. Available at: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23014>. Accessed on: Oct 2019.

FUNASA. **Manual de orientações técnicas para o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013. Available at: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_msd3_2.pdf. Accessed on: Apr 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cadernos de Informações de Saúde - Rondônia - Rolim de Moura**. 2010. Available at: <http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/cadernos/ro.htm>. Accessed on: May 2019.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Conheça cidades e estados do Brasil - Rolim de Moura**. 2019. Available at:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sintese/ro?indicadores=60032,60030,29171,29168,30279,28242>. Accessed on: May 2019.

LAUTHARTTE, L. C. **Avaliação da Qualidade de Água Subterrânea no Distrito de Jaci-Paraná, Município de Porto Velho – RO**. 2013. 69f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho.

LORD, E. I.; ANTHONY, S. G.; GOODLASS, G. Agricultural nitrogen balance and water quality in the UK. **Soil Use and Management**, v. 18, n. 4, p. 363-369, 2002. ISSN 0266-0032.

MENEZES, J. M. et al. **Índice de qualidade da água subterrânea**. In: World Water Congress, 14. Porto de Galinhas: International Water Resources Association, 2011. 20p. Available at: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/42893/1/PAP00-5061.pdf>. Accessed on: Jan 2020.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2nd. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995. 187p. ISBN 8570221185.

NASCIMENTO, P. C. et al. Mapeamento e determinação da qualidade de água subterrânea na cidade de Rolim de Moura- RO-Brasil. In: STACHIW, R. e CARMELLO, N. (Ed.). **Amazônia: Instrumentos para Gestão de Recursos Hídricos**. Curitiba: CRV, 2016. p.157-167. ISBN 978 85 444 027 8.

NASCIMENTO, S. A. M.; BARBOSA, J. S. F. Qualidade da água do aquífero freático no alto cristalino de Salvador, bacia do rio Lucaia, Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 4, p. 543-550, 2005. Available at: <http://www.repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/2550>. Accessed on: May 2019.

NERBRAND, C. et al. The influence of calcium and magnesium in drinking water and diet on cardiovascular risk factors in individuals living in hard and soft water areas with differences in cardiovascular mortality. **BMC Public Health**, v. 3, p. 21, Jun 18 2003. Available at: <https://doi.org/10.1186/1471-2458-3-21>. Accessed on: Abr 2019.

RIQUELME, M. A. **Avaliação da contaminação por nitrato (NO₃) em poços cacimba no perímetro urbano do município de Rolim de moura - Rondônia**. 2015. 89f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geografia, Universidade Federal de Rondônia-UNIR, Porto Velho.

RODRIGUES, É. R. D. et al. Distribuição espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana da cidade de Porto Velho, Rondônia. **Scientia Amazonia**, v. 3, n. 3,

p. 97-105, 2014. Available at: <http://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2016/06/v3-n3-97-105-2014.pdf>. Accessed on: May 2019.

SCHWARTZ, J.; LEVIN, R.; GOLDSTEIN, R. Drinking water turbidity and gastrointestinal illness in the elderly of Philadelphia. **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 54, n. 1, p. 45-51, 2000. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1731533/>.

SHRESTHA, R. K.; LADHA, J. K. Nitrate pollution in groundwater and strategies to reduce pollution. **Water Science & Technology**, v. 45, n. 9, p. 29-35, 2002.

SILVA, C. A. et al. Diagnóstico da potabilidade da água de poços rasos de uma comunidade tradicional, Curitiba-PR. **Revista Biociências, Taubaté**, v. 19, n. 2, p. 88-92, 2013. Available at: <http://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/biociencias/article/view/1628>.

SOUZA MULER, R. A.; SILVA FILHO, E. P. Bio-físico-química da água de poços cacimba do centro urbano de Ouro Preto do Oeste - RO: uma análise espacial. **Boletim de Geografia, Maringá**, v. 33, n. 2, p. 89-99, 2015. Available at: <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v33i2.21108>. Accessed on: Jan2019.

STACHIW, R. et al. Diagnóstico Preliminar da Contaminação por Coliformes Fecais em Poços Rasos e Superficiais da Cidade de Rolim de Moura – RO. In: CARMELLO, N. (Ed.). **Amazônia, Recursos Hídricos e Diálogo Sócio Ambiental**. Curitiba: Editora CRV, 2011. p.157-163. ISBN 978 85 8042 255 9.

VICENTE, G. Z.; LIMA, C. G. R.; MARQUES, S. M. Spatial and temporal variability of nitrate and chloride in Aquifer Bauru System, São Paulo State, Brazil. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 3, p. 295-306, 2018. Available at: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v32i3.29099>. Accessed on: May 2019.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Vol.1**. 3rd Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005.

WAKIDA, F. T.; LERNER, D. N. Non-agricultural sources of groundwater nitrate: a review and case study. **Water Research**, v. 39, n. 1, p. 3-16, 2005. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313540400452X>. Accessed on: Mar 2019.

WALTON, N. R. G. Electrical conductivity and total dissolved solids—what is their precise relationship? **Desalination**, v. 72, n. 3, p. 275-292, 1989. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0011916489800128>. Accessed on: Jun 2019.

WHO. **Guidelines for drinking-water quality**. 4th Ed. World Health Organization, 2011. 541p. ISBN 978 92 4 154815 1. Available at: <https://apublica.org/wp-content/uploads/2014/03/Guidelines-OMS-2011.pdf>. Accessed on: Jan 2019.

WINOGRAD, I. J.; ROBERTSON, F. N. Deep oxygenated ground water: anomaly or common occurrence? **Science**, v. 216, n. 4551, p. 1227-1230, 1982. ISSN 0036-8075. Available at: <http://doi.org/10.1126/science.216.4551.1227>. Accessed on: Fev 2019.

WOLFE, A. H.; PATZ, J. A. Reactive Nitrogen and Human Health: Acute and Long-term Implications. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 31, n. 2, p. 120-125, 2002. Available at: <https://doi.org/10.1579/0044-7447-31.2.120>. Accessed on: May 2019.

Sobre os autores

Nara Lúcia Perondi Fortes, graduada em Biologia pela Universidade de Passo Fundo (UPF), Mestre em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), Professora de graduação do curso de Agronomia da Universidade de Taubaté (UNITAU) e Professora do Programa de Pós-graduação Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU).

Paulo Fortes Neto, graduado em Agronomia pela Universidade de Taubaté (UNITAU), Mestre em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Professor de graduação do curso de Agronomia da Universidade de Taubaté (UNITAU), Professor dos Programas de Pós-graduação Profissional e Acadêmico em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU) e Coordenador adjunto do Programa Profissional em Ciências Ambientais (UNITAU).



ISBN: 978-65-86914-10-8

TCD



9 786586 914108

