

LUIS RICARDO FERNANDES DA COSTA  
(ORGANIZADOR)

# AS GEOCIÊNCIAS

EXPLORANDO OS PROCESSOS FÍSICOS,

QUÍMICOS E BIOLÓGICOS



**Atena**  
Editora  
Ano 2025

LUIS RICARDO FERNANDES DA COSTA  
(ORGANIZADOR)

# AS GEOCIÊNCIAS

EXPLORANDO OS PROCESSOS FÍSICOS,

QUÍMICOS E BIOLÓGICOS



**Atena**  
Editora  
Ano 2025

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2025 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2025 O autor

Copyright da edição © 2025 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelo autor.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do autor, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos ao autor, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Os manuscritos nacionais foram previamente submetidos à avaliação cega por pares, realizada pelos membros do Conselho Editorial desta editora, enquanto os manuscritos internacionais foram avaliados por pares externos. Ambos foram aprovados para publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
 Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Colégio Militar Dr. José Aluisio da Silva Luz / Colégio Santa Cruz de Araguaina/TO  
 Profª Drª Cristina Aledi Felsemburgh – Universidade Federal do Oeste do Pará  
 Prof. Dr. Diogo Peixoto Cordova – Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul  
 Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
 Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
 Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
 Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
 Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
 Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Dr. Hauster Maximiler Campos de Paula – Universidade Federal de Viçosa  
 Profª Drª Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco  
 Profª Drª Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento – Universidade Estadual de Santa Cruz  
 Profª Drª Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
 Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
 Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
 Prof. Dr. Leonardo França da Silva – Universidade Federal de Viçosa  
 Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
 Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
 Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira – Universidade Federal do Espírito Santo  
 Profª Drª Maria Iaponeide Fernandes Macêdo – Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
 Profª Drª Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas  
 Profª Drª Mariana Natale Fiorelli Fabiche – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
 Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes  
 Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
 Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
 Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
 Profª Drª Priscila Natasha Kinas – Universidade do Estado de Santa Catarina  
 Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
 Prof. Dr. Rafael Pacheco dos Santos – Universidade do Estado de Santa Catarina  
 Prof. Dr. Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá  
 Profª Drª Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
 Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
 Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

## As geociências explorando os processos físicos, químicos e biológicos

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Jeniffer dos Santos  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Luis Ricardo Fernandes da Costa

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
G342	<p>As geociências explorando os processos físicos, químicos e biológicos / Organizador Luis Ricardo Fernandes da Costa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2025.</p> <p>Formato: PDF  Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  Modo de acesso: World Wide Web  Inclui bibliografia  ISBN 978-65-258-3279-1  DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.791252102">https://doi.org/10.22533/at.ed.791252102</a></p> <p>1. Geociências. I. Costa, Luis Ricardo Fernandes da (Organizador). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 550</p>
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DO AUTOR

Para fins desta declaração, o termo 'autor' será utilizado de forma neutra, sem distinção de gênero ou número, salvo indicação em contrário. Da mesma forma, o termo 'obra' refere-se a qualquer versão ou formato da criação literária, incluindo, mas não se limitando a artigos, e-books, conteúdos on-line, acesso aberto, impressos e/ou comercializados, independentemente do número de títulos ou volumes. O autor desta obra: 1. Atesta não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação à obra publicada; 2. Declara que participou ativamente da elaboração da obra, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final da obra para submissão; 3. Certifica que a obra publicada está completamente isenta de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação da obra publicada, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. A editora pode disponibilizar a obra em seu site ou aplicativo, e o autor também pode fazê-lo por seus próprios meios. Este direito se aplica apenas nos casos em que a obra não estiver sendo comercializada por meio de livrarias, distribuidores ou plataformas parceiras. Quando a obra for comercializada, o repasse dos direitos autorais ao autor será de 30% do valor da capa de cada exemplar vendido; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), a editora não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como quaisquer outros dados dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

É com grande satisfação que divulgamos mais uma organização de livro na temática das geociências, com o título “As Geociências explorando os processos físicos, químicos e biológicos”, que apresenta uma série de quatro artigos com diferentes pesquisas acerca da dinâmica e aplicação de estudos voltados para a saúde e importância das geociências na sociedade.

Com artigos que discutem a temática ambiental em áreas de aquífero, até avanços na disseminação das geociências, a obra conta com estudos diversos que contemplam diferentes públicos.

Assim, o livro proporciona diferentes olhares para a discussão na temática interdisciplinar, com o desafio de expandir as discussões das geociências em diferentes espaços. A obra ainda procura cumprir papel fundamental na disseminação de pesquisas, principalmente para estudantes de Graduação e Pós-graduação.

Dessa forma, convidamos a comunidade para conferir essa nova obra, com possibilidades e propostas para a aplicação e disseminação das pesquisas em diferentes contextos e realidades.

Luis Ricardo Fernandes da Costa

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
TRANSTORNO DE DÉFICIT DE ATENÇÃO E HIPERATIVIDADE: ASPECTOS NEUROBIOLÓGICOS, DIAGNÓSTICO E INTERVENÇÕES TERAPÊUTICAS	
Maria Alessandra Rosa da Silva	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7912521021">https://doi.org/10.22533/at.ed.7912521021</a>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>10</b>
LESÕES ENDOPERIODONTAIS: ABORDAGENS TERAPÊUTICAS INTERDISCIPLINARES – UMA REVISÃO ATUAL	
Matheus de Freitas Xavier Lima	
Erika Sales Joviano Pereira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7912521022">https://doi.org/10.22533/at.ed.7912521022</a>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>23</b>
PROJETO “MENINAS NAS GEOCIÊNCIAS”: VISA MOSTRAR AS GEOCIÊNCIAS PARA AS ADOLESCENTES DE ESCOLAS PÚBLICAS DE CAÇAPAVA DO SUL	
Menezes, G.K.C.	
Oliveira, T.C.	
Lopes, C.G.C.	
Brito, J.E.S.C	
Heredia, C.G.C.	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7912521023">https://doi.org/10.22533/at.ed.7912521023</a>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>29</b>
O PROCESSO DE PESQUISA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: UMA ABORDAGEM A PARTIR DO CONDICIONAMENTO HIDROGEOLÓGICO DO AQUÍFERO COUTO MAGALHÃES EM MARABÁ-PA	
Josué Souza Passos	
Ana Valéria dos Reis Pinheiro	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7912521024">https://doi.org/10.22533/at.ed.7912521024</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR .....</b>	<b>58</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>59</b>

## TRANSTORNO DE DÉFICIT DE ATENÇÃO E HIPERATIVIDADE: ASPECTOS NEUROBIOLÓGICOS, DIAGNÓSTICO E INTERVENÇÕES TERAPÊUTICAS

Data de submissão: 04/12/2024

Data de aceite: 05/02/2025

**Maria Alessandra Rosa da Silva**

### **RESUMO: Resumo sobre TDAH:**

O Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) é uma condição neurodesenvolvimental crônica caracterizada por desatenção, hiperatividade e impulsividade, que afeta crianças, adolescentes e adultos. Os sintomas podem variar em intensidade e apresentação, sendo classificados em três subtipos: predominantemente desatento, predominantemente hiperativo/impulsivo e combinado. A causa do TDAH envolve fatores genéticos, ambientais e alterações neurobiológicas, como disfunções no córtex pré-frontal e nos sistemas dopaminérgico e noradrenérgico. O diagnóstico é clínico, baseado nos critérios do DSM-5, e requer a manifestação dos sintomas em pelo menos dois contextos (escola, casa, trabalho). O tratamento inclui intervenções farmacológicas, como o uso de estimulantes (ex.: metilfenidato) e não estimulantes (ex.: atomoxetina), associadas a abordagens psicossociais, como terapia cognitivo-comportamental e estratégias de suporte educacional. Com diagnóstico precoce e

manejo adequado, é possível minimizar o impacto do TDAH nas funções acadêmicas, sociais e emocionais, promovendo uma melhor qualidade de vida para os indivíduos afetados.

**PALAVRAS-CHAVE:** TDAH, neurobiologia, diagnóstico, tratamento, intervenção psicossocial.

### **1 | INTRODUÇÃO:**

O Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) é uma das condições neurodesenvolvimentais mais comuns, afetando aproximadamente 5% das crianças e 2,5% dos adultos em todo o mundo. Caracteriza-se por padrões persistentes de desatenção, hiperatividade e impulsividade que comprometem o funcionamento social, acadêmico ou ocupacional. Embora os sintomas se manifestem na infância, muitos indivíduos continuam a enfrentá-los na vida adulta, tornando o TDAH um transtorno de curso crônico.

A origem do TDAH é multifatorial, com influência genética significativa,

bem como fatores ambientais, como exposição pré-natal a substâncias tóxicas. Estudos neurobiológicos mostram que alterações no córtex pré-frontal e no sistema dopaminérgico desempenham papel central na fisiopatologia do transtorno, impactando habilidades como controle de impulsos, regulação emocional e manutenção da atenção.

O diagnóstico é baseado nos critérios do Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5) e requer uma avaliação abrangente para excluir outras condições que possam mimetizar os sintomas. O manejo do TDAH inclui uma combinação de intervenções farmacológicas, terapias comportamentais e estratégias educacionais.

Este tema é de extrema relevância, dado o impacto significativo do TDAH na qualidade de vida e no desempenho de indivíduos em múltiplos contextos. Abordagens integradas e personalizadas são fundamentais para oferecer suporte adequado e promover o desenvolvimento integral das pessoas afetadas.

## 2 | NEUROBIOLOGIA DO TDAH:

O Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) está associado a alterações neurobiológicas que afetam o funcionamento do cérebro, particularmente nas regiões envolvidas no controle executivo, atenção e regulação emocional. Estudos de neuroimagem e pesquisas neuropsicológicas têm destacado os seguintes aspectos:

### 1. Alterações Estruturais no Cérebro:

- Redução de volume no córtex pré-frontal, responsável por funções como planejamento, tomada de decisão e inibição de respostas impulsivas.
- Alterações no corpo estriado (núcleo caudado e putâmen), estruturas ligadas à motivação e à regulação comportamental.

### 2. Alterações Funcionais:

- Disfunções no sistema dopaminérgico e noradrenérgico, que desempenham papéis cruciais na transmissão de sinais neuronais relacionados à atenção e controle de impulsos.
- Conectividade atípica entre as redes cerebrais de atenção e recompensa, o que pode explicar a dificuldade de sustentar o foco em tarefas repetitivas ou pouco estimulantes.

### 3. Circuitos Envolvidos:

- **Circuito Pré-Frontal-Subcortical:** Regula o controle inibitório e a memória de trabalho, frequentemente comprometidos no TDAH.
- **Rede de Modo Padrão (Default Mode Network):** Maior ativação desta rede em momentos inadequados contribui para a distração e dificuldade de manter a atenção.

### 4. Aspectos Neuroquímicos:

- Déficit na sinalização dopaminérgica, especialmente no córtex pré-frontal, prejudica a regulação da atenção e da impulsividade.
- A noradrenalina, que auxilia no alerta e na atenção sustentada, também apresenta níveis alterados em indivíduos com TDAH.

### 5. Perspectivas Genéticas e Ambientais:

- Genes relacionados aos sistemas dopaminérgicos, como o *DRD4* e o *DAT1*, estão frequentemente associados ao TDAH.
- Fatores ambientais, como exposição a toxinas durante a gestação ou prematuridade, podem influenciar a maturação neurológica, exacerbando os sintomas.

## 3 | DIAGNÓSTICO:

O diagnóstico do Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) é clínico e requer uma avaliação criteriosa, envolvendo entrevistas com o indivíduo, pais ou cuidadores, professores e outros envolvidos na vida do paciente. Ele é baseado nos critérios estabelecidos pelo *Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais* (DSM-5) e deve considerar a história de vida e o impacto funcional dos sintomas.

### Critérios Diagnósticos (DSM-5):

Os sintomas são agrupados em duas categorias principais:

**1. Desatenção:** Pelo menos 6 dos seguintes sintomas devem estar presentes por pelo menos 6 meses (5 sintomas para indivíduos acima de 17 anos):

- Dificuldade em prestar atenção a detalhes ou cometer erros por descuido.
- Dificuldade em manter a atenção em tarefas ou atividades.
- Parece não ouvir quando falado diretamente.
- Não segue instruções e não conclui tarefas.
- Dificuldade em organizar atividades e materiais.
- Evita ou não gosta de tarefas que exigem esforço mental prolongado.
- Perde objetos necessários para tarefas (ex.: materiais escolares).
- Facilmente distraído por estímulos externos.
- Esquece-se de atividades diárias.

**2. Hiperatividade e Impulsividade:** Pelo menos 6 dos seguintes sintomas devem estar presentes por pelo menos 6 meses (5 sintomas para indivíduos acima de 17 anos):

- Mexer as mãos ou os pés, ou se remexer na cadeira.
- Levantar-se em situações em que deveria permanecer sentado.

- Corre ou escala objetos em situações inadequadas (ou sente inquietação em adolescentes/adultos).
- Incapacidade de brincar ou se envolver em atividades de lazer de forma calma.
- Está “sempre em movimento” ou age como se estivesse “com um motor ligado”.
- Fala excessivamente.
- Responde antes que a pergunta seja concluída.
- Dificuldade em esperar sua vez.
- Interrompe ou se intromete nas conversas ou jogos dos outros.

### Condições para Diagnóstico:

- Os sintomas devem estar presentes em dois ou mais contextos (ex.: escola, casa, trabalho).
- Os sintomas devem ter se manifestado antes dos 12 anos de idade.
- Deve haver evidência clara de que os sintomas prejudicam o funcionamento social, acadêmico ou ocupacional.
- Os sintomas não podem ser explicados por outro transtorno mental ou condição médica.

### Avaliação Multidimensional:

- 1. Entrevista clínica:** Coleta de informações sobre o histórico do paciente e os sintomas relatados.
- 2. Escalas de avaliação:** Instrumentos como a *Conners Rating Scale* ou a *SNAP-IV* ajudam a mensurar a gravidade dos sintomas.
- 3. Relatos de terceiros:** Professores e cuidadores oferecem perspectivas valiosas sobre o comportamento do indivíduo em diferentes contextos.
- 4. Exclusão de outras condições:** Condições como transtornos de ansiedade, depressão, dificuldades de aprendizagem e epilepsia podem mimetizar ou coexistir com o TDAH.

### Importância do Diagnóstico Precoce:

Um diagnóstico preciso e precoce é fundamental para a implementação de estratégias terapêuticas que minimizem o impacto do TDAH na vida do indivíduo. Isso inclui tratamentos farmacológicos, intervenções psicossociais e suporte educacional

## 4 | TRATAMENTO:

### Tratamento do TDAH

O tratamento do Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) é multidimensional, envolvendo estratégias farmacológicas, psicossociais e educacionais. A abordagem varia de acordo com a idade, a gravidade dos sintomas e as necessidades individuais do paciente. O objetivo principal é minimizar os sintomas, melhorar o funcionamento diário e promover o bem-estar.

#### 1. Tratamento Farmacológico:

##### 1.1. Medicamentos Estimulantes:

Os estimulantes são a primeira linha de tratamento para o TDAH e têm eficácia comprovada em cerca de 70% a 80% dos casos. Eles agem aumentando a disponibilidade de dopamina e noradrenalina no cérebro, melhorando o controle executivo e a atenção.

- **Metilfenidato** (Ritalina, Concerta): Muito usado, com opções de ação curta, média e prolongada.
- **Lisdexanfetamina** (Venvanse): Liberação prolongada, utilizada para reduzir impulsividade e melhorar foco.

##### 1.2. Medicamentos Não Estimulantes:

Recomendados para indivíduos que não respondem bem aos estimulantes ou apresentam contraindicações.

- **Atomoxetina**: Agonista seletivo da noradrenalina, eficaz para controle da desatenção e impulsividade.
- **Guanfacina e Clonidina**: Agonistas alfa-2, usados especialmente em crianças com alta impulsividade e problemas de sono.

##### 1.3. Considerações:

- A escolha do medicamento depende da resposta individual, dos efeitos colaterais e do contexto clínico.
- Efeitos colaterais mais comuns incluem insônia, perda de apetite, irritabilidade e dor de cabeça.

#### 2. Tratamento Psicossocial:

##### 2.1. Terapia Cognitivo-Comportamental (TCC):

- Focada no desenvolvimento de habilidades de organização, controle de impulsos e regulação emocional.
- Eficaz em adolescentes e adultos para manejar sintomas residuais e comorbidades.

## 2.2. Treinamento Parental:

- Orienta pais sobre como lidar com comportamentos desafiadores, usando reforço positivo e limites claros.
- Ajuda na criação de rotinas consistentes e estratégias de disciplina.

## 2.3. Intervenções Escolares:

- Adaptações no ambiente educacional, como:
- Redução de estímulos distrativos.
- Divisão de tarefas longas em partes menores.
- Uso de ferramentas visuais (checklists, cronogramas).
- Apoio pedagógico individualizado.

## 2.4. Treinamento de Habilidades Sociais:

- Trabalha a empatia, resolução de conflitos e a interação em grupo.
- Essencial para crianças e adolescentes com dificuldades de relacionamento.

## 3. Estratégias Complementares:

- **Psicoeducação:** Envolver o paciente e a família no entendimento do TDAH para reduzir estigmas e melhorar a adesão ao tratamento.
- **Atividade física regular:** Melhora o humor, a concentração e o controle impulsivo.
- **Terapias alternativas:** Mindfulness e yoga podem auxiliar no manejo de estresse e na autorregulação emocional.

## 4. Acompanhamento e Ajustes:

- O manejo do TDAH é contínuo e requer acompanhamento regular para monitorar o progresso e ajustar o tratamento conforme necessário.
- A combinação de tratamentos é geralmente mais eficaz do que intervenções isoladas.

## REFERÊNCIAS

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (5th ed.). Arlington, VA: American Psychiatric Publishing.

Referência essencial para critérios diagnósticos do TDAH.

1. Castellanos, F. X., & Proal, E. (2012). Large-scale brain systems in ADHD: Beyond the prefrontal-striatal model. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(1), 17–26.

Explora os sistemas cerebrais afetados no TDAH e suas implicações neurobiológicas.

2. Faraone, S. V., Asherson, P., Banaschewski, T., et al. (2015). Attention-deficit/hyperactivity disorder. *Nature Reviews Disease Primers*, 1, 15020.

Revisão abrangente sobre aspectos clínicos, genéticos e terapêuticos do TDAH.

3. Sonuga-Barke, E. J., Cortese, S., Fairchild, G., & Stringaris, A. (2016). Annual Research Review: Transdiagnostic neuroscience of child and adolescent mental disorders—Differentiating decision making in ADHD and conduct disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 57(3), 321–349.

Analisa diferenças neuropsicológicas entre o TDAH e outros transtornos comportamentais.

4. Cortese, S., Adamo, N., Del Giovane, C., et al. (2018). Comparative efficacy and tolerability of medications for attention-deficit hyperactivity disorder in children, adolescents, and adults: A systematic review and network meta-analysis. *The Lancet Psychiatry*, 5(9), 727–738.

5. Metanálise que compara a eficácia dos medicamentos utilizados no TDAH.

6. Barkley, R. A. (2015). *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: A Handbook for Diagnosis and Treatment* (4th ed.). New York: Guilford Press.

Um guia abrangente sobre o diagnóstico e manejo do TDAH.

7. Biederman, J., & Faraone, S. V. (2005). Attention-deficit hyperactivity disorder. *The Lancet*, 366(9481), 237–248.

Artigo clássico que apresenta uma visão geral sobre o transtorno.

8. Swanson, J. M., Arnold, L. E., Kraemer, H. C., et al. (2008). Evidence, interpretation, and qualification from multiple reports of long-term outcomes in ADHD: Overview of findings from the MTA study. *Journal of Attention Disorders*, 12(1), 4–14.

Discute resultados a longo prazo do tratamento do TDAH.

9. Shaw, P., Stringaris, A., Nigg, J., & Leibenluft, E. (2014). Emotion dysregulation in attention deficit hyperactivity disorder. *American Journal of Psychiatry*, 171(3), 276–293.

Foca na regulação emocional como componente do TDAH.

10. Molina, B. S. G., & Pelham, W. E. (2014). Attention-deficit/hyperactivity disorder and risk of substance use disorder: Developmental considerations, potential pathways, and opportunities for research. *Annual Review of Clinical Psychology*, 10, 607–639.

## ESTUDO DE CASO

### Estudo de Caso: Ana – Um Aluno com TDAH no 6º Ano

#### Identificação:

- Nome fictício: Ana
- Idade: 11 anos
- Ano escolar: 6º ano do Ensino Fundamental

#### Histórico:

Ana foi diagnosticado com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) subtipo combinado aos 8 anos, após apresentar dificuldades de concentração e impulsividade excessiva. Ele vive com os pais e uma irmã mais nova. O histórico familiar revela que o pai também teve sintomas semelhantes na infância, embora nunca tenha sido diagnosticado.

#### Situação atual na escola:

Ana frequenta uma escola pública de ensino regular. Seus professores relatam dificuldades frequentes em manter o foco durante as aulas, interrompendo atividades e desviando a atenção dos colegas. Apesar disso, demonstra grande potencial em disciplinas práticas, como Educação Física e Artes, e interesse por leitura e tecnologia.

#### Principais desafios observados:

- 1. Comportamento impulsivo:** Ana frequentemente responde às perguntas antes de o professor terminar de falar e tem dificuldade em esperar sua vez durante atividades em grupo.
- 2. Dificuldade em organização:** Perde materiais escolares, esquece de entregar tarefas e frequentemente não anota os deveres no caderno.
- 3. Baixo rendimento acadêmico:** Tem notas abaixo da média em disciplinas teóricas, como Matemática e História, devido à dificuldade em manter a atenção nas explicações longas.
- 4. Relacionamento social:** Apesar de ser carismático, sua impulsividade leva a desentendimentos com colegas.

#### Intervenções realizadas:

##### 1. Plano educacional individualizado (PEI):

Adaptação de tarefas, dividindo-as em partes menores para facilitar a concentração.

Uso de estratégias visuais, como checklists e cronogramas diários, para ajudar na organização.

Permissão para pausas curtas durante as atividades para manter o foco.

##### 2. Treinamento de habilidades sociais:

3. Ana participa de sessões semanais com o psicólogo escolar para desenvolver

estratégias de autocontrole e resolução de conflitos.

#### **4. Apoio familiar:**

5. Os pais foram orientados a estabelecer uma rotina previsível em casa, com horários fixos para estudos e lazer.

Participam de um grupo de suporte para famílias de crianças com TDAH.

#### **6. Tratamento médico:**

Ana está em acompanhamento com um neuropediatra e faz uso de metilfenidato em dose ajustada. Os pais relatam melhora na concentração durante o período de efeito do medicamento.

#### **Resultados:**

Após seis meses de implementação das estratégias, Ana apresentou:

- Melhora significativa na organização e na entrega de tarefas.
- Redução de conflitos com colegas, graças ao treinamento de habilidades sociais.
- Incremento de 20% no desempenho acadêmico, especialmente em disciplinas práticas.

#### **Reflexão final:**

O caso de Ana demonstra a importância de uma abordagem multidisciplinar envolvendo escola, família e profissionais de saúde. A individualização das estratégias pedagógicas e o apoio emocional foram fundamentais para sua evolução.

#### **Recomendações:**

- Manter o monitoramento contínuo das intervenções e ajustar conforme necessário.
- Incentivar a prática de esportes para canalizar a energia de forma construtiva.
- Promover atividades extracurriculares voltadas para tecnologia, área de interesse do aluno.

# LESÕES ENDOPERIODONTAIS: ABORDAGENS TERAPÊUTICAS INTERDISCIPLINARES – UMA REVISÃO ATUAL

*Data de submissão: 10/12/2024*

*Data de aceite: 05/02/2025*

### **Matheus de Freitas Xavier Lima**

Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Odontologia, Salvador, BA.  
<http://lattes.cnpq.br/2311916426405244>

### **Erika Sales Joviano Pereira**

Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Odontologia, Salvador, BA.  
<http://lattes.cnpq.br/6531084277153833>

**RESUMO:** O presente estudo realiza uma revisão crítica da literatura sobre lesões endoperiodontais, enfatizando a necessidade de abordagens terapêuticas interdisciplinares que integrem a endodontia e a periodontia. Essas lesões, caracterizadas pela interação complexa entre a polpa dental e o periodonto, apresentam desafios significativos tanto no diagnóstico quanto no tratamento. A pesquisa bibliográfica foi conduzida por meio de uma análise detalhada de 28 referências selecionadas nas bases de dados Portal Capes e PubMed. Os resultados sublinham a importância de um diagnóstico preciso para um tratamento eficaz, destacando a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCCB) como uma ferramenta auxiliar na avaliação dessas lesões. Conclui-se que a integração

das especialidades de Endodontia e Periodontia é essencial para melhorar os prognósticos dos pacientes com lesões endoperiodontais, promovendo um manejo clínico mais eficaz e personalizado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Endodontia, Periodontia, Lesões endo-periodontais, Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.

### ENDOPERIODONTAL LESIONS: INTERDISCIPLINARY THERAPEUTIC APPROACHES – A CURRENT REVIEW

**ABSTRACT:** This study performs a critical review of the literature on endoperiodontal lesions, emphasizing the need for interdisciplinary therapeutic approaches that integrate endodontics and periodontics. These lesions, characterized by the complex interaction between the dental pulp and the periodontium, present significant challenges in both diagnosis and treatment. The bibliographic research was conducted through a detailed analysis of 28 selected references in the Capes Portal and PubMed databases. The results emphasize the importance of an accurate diagnosis for effective treatment, highlighting Cone Beam

Computed Tomography (CBCT) as an auxiliary tool in the evaluation of these lesions. It is concluded that the integration of the specialties of Endodontics and Periodontics is essential to improve the prognosis of patients with endoperiodontal lesions, promoting a more effective and personalized clinical management.

**KEYWORDS:** Endodontics, Periodontics, Endoperiodontal lesions, Cone Beam Computed Tomography.

## 1 | INTRODUÇÃO

As lesões endoperiodontais (LEPs) representam um desafio clínico significativo na prática odontológica, devido à complexa inter-relação entre a polpa dental e o periodonto. Essas lesões, caracterizadas pela coexistência de doenças pulpares e periodontais em um mesmo dente, exigem uma abordagem diagnóstica precisa e um tratamento interdisciplinar que integre conhecimentos de endodontia e periodontia. A similaridade dos sintomas clínicos entre essas duas áreas torna o diagnóstico diferencial especialmente desafiador, podendo levar a tratamentos inadequados, se não houver um entendimento profundo das características dessas lesões<sup>1</sup>.

Este estudo avalia as lesões endoperiodontais e propõe uma abordagem interdisciplinar, fundamentada em uma revisão crítica da literatura, para otimizar o diagnóstico e o tratamento dessas condições. A revisão foi conduzida por meio de uma análise criteriosa das publicações mais relevantes disponíveis nas bases de dados Portal Capes e PubMed, utilizando termos amplos e específicos para garantir uma cobertura abrangente do tema.

Verificou-se por meio das leituras que o diagnóstico preciso e o tratamento adequado podem influenciar diretamente o prognóstico. Além disso, a resposta do paciente ao tratamento pode impactar o sucesso terapêutico a longo prazo e contribuir para decisões clínicas mais assertivas promovendo uma abordagem mais eficaz e integrada no manejo das lesões endoperiodontais.

## 2 | REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Lesões Endoperiodontais: Conceito e Definição

As lesões endoperiodontais são caracterizadas pela comunicação patológica entre os tecidos pulpar e periodontal, sendo um desafio significativo na prática odontológica, devido à sua complexidade diagnóstica e terapêutica. Conforme a “Classificação das doenças e condições periodontais e peri-implantares de 2018”<sup>1,2</sup>, essas lesões podem ocorrer de forma aguda ou crônica, e envolvem uma interação entre as condições inflamatórias que afetam simultaneamente a polpa dental e o periodonto.

Historicamente, o termo “lesão endoperio” foi introduzido por Simring e Goldberg<sup>3</sup>, em 1964, para descrever situações em que produtos inflamatórios se espalham entre

os tecidos pulpare e periodontais, levando a danos em ambos os sistemas. A polpa e o periodonto possuem inter-relações embrionárias, anatômicas e funcionais, sendo ambos originados do ectomesenquima, proliferando para formar a papila e o folículo dentário, precursores da polpa e do periodonto, respectivamente, o que explica sua proximidade e potencial para comunicações patológicas<sup>4</sup>.

As vias de comunicação entre a polpa e o periodonto podem ser classificadas em fisiológicas e não fisiológicas. As vias fisiológicas incluem o forame apical, os canais acessórios e laterais, além dos túbulos dentinários, que permitem a passagem natural de substâncias entre esses tecidos. Em situações normais, essas estruturas mantêm uma comunicação que não resulta em patologia; entretanto, quando há inflamação, essas vias podem facilitar a propagação de agentes infecciosos<sup>4</sup>.

Por outro lado, as vias não fisiológicas surgem em decorrência de fatores patológicos, como traumas, fraturas, perfurações radiculares ou reabsorções de origem endodôntica<sup>4</sup>. Esses eventos criam comunicações anormais entre a polpa e o periodonto, agravando a inflamação e contribuindo para o desenvolvimento de lesões endoperiodontais mais severas<sup>5</sup>.

As características radiográficas são fundamentais para o diagnóstico dessas lesões. A presença de bolsas periodontais profundas, perda óssea na região apical ou na área de furca são sinais indicativos que ajudam a diferenciar lesões endoperiodontais de outras condições periodontais ou endodônticas. A análise radiográfica permite a visualização dessas alterações ósseas, que são críticas para a definição do plano de tratamento adequado<sup>2</sup>.

Assim, compreender as lesões endoperiodontais sob a luz da Classificação de 2018<sup>2</sup> e avaliar as vias de comunicação entre os tecidos e as características radiográficas envolvidas é essencial para um diagnóstico preciso e um tratamento eficaz.

## **2.2 Classificação e Etiologia das Lesões Endoperiodontais**

As lesões endoperiodontais têm sido foco de debate e estudo no meio acadêmico, especialmente no que tange à sua classificação, etiologia, diagnóstico e tratamento. Desde a proposta original por Simon, Glick e Frank, que estabeleceram uma base sólida para a compreensão dessas lesões, como veremos a seguir, o campo tem evoluído, com novas descobertas e revisões que buscam refinar e atualizar esse modelo<sup>5</sup>.

### *2.2.1 Lesão endodôntica primária*

Caracterizada por uma polpa necrótica que drena coronalmente, através do ligamento periodontal para o sulco gengival, muitas vezes resultando em uma exacerbação aguda de uma lesão apical crônica. A drenagem pode ocorrer pelo forame apical, canal lateral ou canais acessórios na região de furca. A bolsa periodontal formada é estreita, e as

radiografias com cone de guta-percha ajudam a identificar a origem da lesão. O tratamento recomendado é a terapia de canal radicular, com um prognóstico geralmente excelente, levando à resolução completa e rápida da lesão<sup>5</sup>.

### *2.2.2 Lesão periodontal primária*

Surge como uma periodontite crônica que progride apicalmente ao longo da superfície radicular. É caracterizada por uma ampla bolsa periodontal, presença de fatores locais, e polpa vital, com pouca ou nenhuma dor. A terapia de canal radicular não é indicada, uma vez que a polpa permanece vital. O tratamento deve focar na terapia periodontal, e o prognóstico depende da extensão da perda de inserção e da eficácia do tratamento<sup>5</sup>.

### *2.2.3 Lesão endodôntica primária com envolvimento periodontal secundário*

Trata-se de uma lesão endodôntica primária que, se não tratada, pode evoluir para um problema periodontal secundário, muitas vezes evidenciado por um abscesso drenante através do periodonto. Pode ser causada por fraturas radiculares ou perfurações iatrogênicas. As radiografias são fundamentais para detectar a presença de doença pulpar e periodontal. O tratamento envolve a terapia de canal radicular seguida de uma avaliação para cicatrização dos tecidos periodontais, com um prognóstico que varia conforme a gravidade da doença periodontal<sup>5</sup>.

### *2.2.4 Lesão periodontal primária com envolvimento endodôntico secundário*

A lesão periodontal primária com envolvimento endodôntico secundário ocorre quando uma doença periodontal avançada atinge estruturas profundas, como os canais laterais ou o forame apical, resultando em pulpíte retrógrada. Essa condição é caracterizada pela migração de patógenos periodontais para a polpa dental, através de comunicações anormais entre os tecidos pulpar e periodontal<sup>5</sup>.

Embora o canal lateral possa servir como uma via de comunicação para a disseminação da infecção periodontal para a polpa, o principal caminho para essa patologia é, na verdade, o alcance do forame apical pela doença periodontal<sup>6</sup>. O estudo sugere que, em muitos casos, a extensão da inflamação periodontal em direção ao ápice da raiz permite que a infecção se propague ao longo do canal radicular, resultando em inflamação pulpar<sup>6</sup>.

Além disso, é importante considerar que a polpa viva tem um certo potencial de defesa contra invasões bacterianas. A presença de uma polpa vital pode retardar a progressão da infecção e, em alguns casos, limitar a extensão do dano endodôntico. No entanto, quando a inflamação periodontal é severa e alcança o forame apical, a defesa pulpar pode ser superada, resultando em pulpíte retrógrada<sup>2,5</sup>.

A microbiota presente no canal radicular durante essa condição tende a refletir a flora bacteriana das bolsas periodontais, havendo uma forte correlação entre os microrganismos encontrados na periodontite e aqueles que colonizam o canal radicular em casos de envolvimento endodôntico secundário<sup>7</sup>.

A radiografia pode revelar perda óssea significativa ao redor da raiz e do ápice, características comuns em ambos os tipos de lesão, o que requer uma análise cuidadosa para determinar a origem primária da patologia<sup>5</sup>.

O tratamento dessas lesões exige uma abordagem interdisciplinar que inclua tanto a terapia periodontal quanto a endodôntica. A terapia periodontal pode envolver procedimentos como raspagem e alisamento radicular, enquanto a terapia endodôntica pode incluir o tratamento do canal radicular para remover a infecção pulpar. O prognóstico dessas lesões é altamente dependente da gravidade da doença periodontal e da resposta do tecido periodontal ao tratamento<sup>8</sup>.

### *2.2.5 Lesões combinadas verdadeiras*

Ocorrendo quando as patologias pulpar e periodontal se desenvolvem independentemente em torno do mesmo dente – essas lesões se unem concomitantemente. São relativamente raras e geralmente envolvem significativa perda de inserção periodontal. Radiograficamente, essas lesões podem parecer semelhantes às causadas por fraturas verticais. O tratamento pode incluir selamento imediato de perfurações radiculares, terapia de canal radicular, cirurgia endodôntica avançada e procedimentos periodontais, como hemissecação e ressecção radicular. O prognóstico é cauteloso e depende do grau de destruição causada pela doença periodontal<sup>5</sup>.

A abordagem tradicional muitas vezes favorece o tratamento da lesão pulpar como a primeira intervenção. Nessa abordagem, o tratamento endodôntico inicial visa eliminar a fonte de infecção pulpar, que pode, por sua vez, reduzir a carga bacteriana e o impacto inflamatório no periodonto<sup>8</sup>. A lógica por trás dessa abordagem é que a infecção pulpar ativa pode perpetuar ou exacerbar a inflamação periodontal, e, portanto, o controle da infecção endodôntica pode ajudar a estabilizar a condição periodontal.

Além disso, a cicatrização periodontal pode ser comprometida se a infecção pulpar não for tratada adequadamente, uma vez que os canais radiculares infectados podem servir como um reservatório de bactérias que continuam a invadir o periodonto<sup>9</sup>. Essa perspectiva sugere que o tratamento da lesão pulpar primeiro pode evitar a reinfecção do periodonto e promover uma melhor resposta ao tratamento periodontal subsequente.

Por outro lado, há situações em que o tratamento da lesão periodontal é priorizado, especialmente em casos em que a destruição periodontal é extensa. Em lesões combinadas onde a perda de inserção periodontal é significativa, o tratamento periodontal inicial pode ser crucial para estabilizar a estrutura de suporte do dente, prevenindo a progressão da

perda óssea e de inserção”<sup>7</sup>.

A decisão sobre qual lesão tratar primeiro deve ser baseada em uma avaliação cuidadosa do caso clínico específico. Deve-se considerar que o uso de técnicas avançadas de imagem, como a tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), pode fornecer informações críticas sobre a extensão das lesões, ajudando a determinar a sequência ideal de tratamento”<sup>10,11</sup>.

O prognóstico dessas lesões combinadas depende de vários fatores, incluindo a gravidade da doença periodontal, a extensão da lesão pulpar, e a resposta do paciente ao tratamento. Em casos em que ambas as lesões são graves, uma abordagem interdisciplinar, envolvendo a consulta de especialistas em endodontia e periodontia, é recomendada para planejar a sequência de tratamento mais eficaz.

### *2.2.6 Lesões pulpares e periodontais concomitantes*

Nesse grupo, as doenças pulpares e periodontais coexistem, mas com etiologias distintas. As lesões endodônticas e periodontais não se comunicam, e ambas devem ser tratadas de forma independente<sup>5</sup>.

Um exemplo clássico de lesões concomitantes envolve um paciente que apresenta pulpite irreversível em um dente, devido a cáries profundas, enquanto também sofre de periodontite crônica generalizada. Nesse caso, as condições coexistem sem comunicação direta. A pulpite irreversível exige terapia endodôntica para eliminar a infecção pulpar, enquanto a periodontite crônica requer procedimentos periodontais como raspagem e alisamento radicular, possivelmente combinados com terapias antimicrobianas locais. Outro exemplo seriam casos de necrose pulpar em molares, coexistindo com gengivite localizada em outras regiões da boca. Novamente, as condições não se comunicam, pois a necrose pulpar é restrita ao molar afetado, enquanto a gengivite é causada pelo acúmulo de biofilme bacteriano em outras áreas<sup>7,10</sup>. Um terceiro exemplo envolve uma lesão endodôntica primária decorrente de trauma em um dente anterior e periodontite avançada associada ao tabagismo<sup>11</sup>.

O prognóstico de cada condição é avaliado separadamente, com o sucesso da terapia endodôntica sendo bastante alto, enquanto o manejo da periodontite depende da resposta ao tratamento periodontal e da adesão do paciente às práticas de higiene bucal<sup>8,9</sup>.

Esses casos exemplificados ilustram a importância de uma abordagem diferenciada e cuidadosa no manejo de lesões concomitantes, onde a coexistência das condições requer atenção especial, mas o tratamento deve ser individualizado para cada patologia.

## **2.3 Características radiográficas das lesões endoperiodontais**

As características radiográficas desempenham um papel importante no diagnóstico permitindo a visualização de alterações estruturais que não são facilmente detectadas por

exames clínicos convencionais.

Uma das principais características radiográficas das lesões endoperiodontais é a perda óssea, que pode ocorrer tanto na região apical quanto na área de furca. A perda óssea apical é frequentemente associada a lesões endodônticas primárias, onde a infecção ou necrose da polpa dental resultam em um processo inflamatório que se estende ao osso periapical. Radiograficamente, essa condição se manifesta como uma área de radiolucência ao redor do ápice da raiz, indicando a destruição óssea causada pela inflamação<sup>12</sup>.

No caso de lesões que afetam a região de furca, a perda óssea pode ser indicativa de uma lesão periodontal primária ou de uma lesão combinada verdadeira. Essas lesões são caracterizadas pela presença de uma radiolucência na área da furca, sugerindo a destruição do osso entre as raízes dos dentes multirradiculares. Esse sinal radiográfico é um indicador importante da extensão da lesão e da necessidade de uma abordagem terapêutica combinada, que pode incluir tanto a terapia periodontal quanto a endodôntica<sup>10</sup>.

Outra característica radiográfica relevante é a presença de uma bolsa periodontal profunda, que pode ser vista como uma linha radiolucente ao longo da raiz do dente. Esse achado é típico de lesões periodontais primárias, onde a perda de inserção periodontal resulta na formação de uma bolsa ao longo da superfície radicular. A profundidade e extensão da bolsa periodontal observadas na radiografia ajudam a determinar a gravidade da condição e a planejar intervenções terapêuticas, como a raspagem e alisamento radicular ou procedimentos cirúrgicos periodontais<sup>3</sup>.

A presença de rarefação óssea na zona de furca com cristas proximais preservadas, por exemplo, sugere uma origem endodôntica, enquanto a perda óssea marginal profunda e angulada aponta para um comprometimento periodontal significativo. Essas nuances radiográficas sublinham a importância de uma análise cuidadosa para evitar diagnósticos incorretos, que podem levar a tratamentos inadequados e, conseqüentemente, a um prognóstico desfavorável<sup>(13)(28)</sup>.

Lesões combinadas verdadeiras, onde tanto o tecido pulpar quanto o periodontal estão comprometidos, podem apresentar radiolucências em ambas as áreas, apical e de furca. Essa combinação de sinais radiográficos torna o diagnóstico mais desafiador, exigindo uma análise cuidadosa para identificar a origem primária da lesão. A presença de múltiplas áreas de radiolucência pode indicar uma comunicação entre as lesões endodônticas e periodontais, reforçando a necessidade de uma abordagem interdisciplinar para o tratamento<sup>13</sup>.

O diagnóstico diferencial das lesões endoperiodontais baseado nas características radiográficas é fundamental para evitar tratamentos inadequados que possam comprometer o prognóstico do paciente. Por exemplo, uma lesão endodôntica tratada exclusivamente com terapia periodontal, sem a remoção da infecção pulpar, pode resultar em falha terapêutica e progressão da lesão. Da mesma forma, uma lesão periodontal primária tratada com terapia endodôntica pode não abordar adequadamente a causa da perda óssea, levando a um

prognóstico desfavorável<sup>14</sup>.

## 2.4 Uso da tomografia computadorizada de feixe cônico

A Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCCB) tem se mostrado uma ferramenta valiosa no diagnóstico e planejamento do tratamento das lesões endo-perio. Sua capacidade de fornecer imagens tridimensionais detalhadas permite uma avaliação precisa da extensão das lesões e da comunicação entre as estruturas endodônticas e periodontais. A TCCB é essencial para identificar características anatômicas complexas e avaliar a resposta ao tratamento, oferecendo uma base sólida para decisões terapêuticas<sup>15</sup>.

A TCCB é particularmente útil na detecção de pequenas alterações ósseas e na avaliação de fraturas radiculares que não são visíveis em radiografias convencionais. Além disso, a TCCB pode ser utilizada para monitorar a eficácia do tratamento ao longo do tempo, ajudando a identificar a necessidade de ajustes na terapia para garantir um prognóstico favorável.

## 2.5 Aspectos Microbiológicos e Correlatos das Periodontites Apicais

As periodontites apicais (PA) representam uma condição inflamatória dos tecidos perirradiculares, resultante das invasões e colonizações de bactérias presentes nos canais radiculares. As periodontites apicais primárias (PAPs) estão frequentemente associadas a canais radiculares necróticos não tratados, e podem ser efetivamente manejadas com tratamento endodôntico, focado na remoção de microrganismos, principalmente bacterianos. Já as periodontites apicais persistentes ou secundárias (SAPs) são lesões periapicais que persistem devido a tratamentos endodônticos anteriores sem sucesso, mesmo após um aparente início de cura do dente<sup>12,16</sup>.

Um estudo que utilizou o sequenciamento de nanosporos M para avaliar comunidades microbianas associadas a canais radiculares revelou a complexidade da microbiota envolvida nas periodontites apicais. A metodologia incluiu 17 amostras obtidas de canais radiculares de 15 pacientes, amplificadas para o gene de DNA ribossomal 16s e sequenciados. Os resultados indicaram que os filos *Firmicutes*, *Bacteroides* e *Actinobacteria* foram os mais abundantes, com os gêneros *Phocaeicola*, *Pseudomonas*, *Rothia* e *Prevotella* sendo os mais proeminentes<sup>14</sup>.

Essas descobertas ressaltam a relação entre a microbiota dos canais radiculares e várias condições clínicas endodônticas, como a periodontite apical primária, a periodontite apical persistente ou secundária, e seus sintomas clínicos<sup>17</sup>. Estudos futuros são necessários para explorar ainda mais o papel dessas comunidades microbianas no desenvolvimento de danos ósseos, doenças locais e sistêmicas.

Além disso, a proximidade das raízes dos dentes posteriores à maxila em relação

ao assoalho do seio maxilar pode estar associada ao desenvolvimento da sinusite crônica do seio maxilar (CMS). Um estudo procurou avaliar a correlação entre a presença de infecção endodôntica e doença periodontal em dentes posteriores maxilares e a presença de sinusite crônica. Os resultados indicaram que a CMS foi significativamente mais comum em pacientes com doença periodontal ou infecção endodôntica em situações de maior proximidade com o seio maxilar ( $p < 0,05$ ). Esse estudo sugere que fatores como doença periodontal, aliados à proximidade com o seio maxilar, são mais comuns em casos de CMS<sup>14,17,18</sup>.

Essas correlações destacam a importância da avaliação cuidadosa de pacientes com sinusite crônica do seio maxilar, especialmente aqueles que já foram submetidos a tratamentos não efetivos. A utilização da tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) é recomendada para esses casos, permitindo uma avaliação detalhada e precisa da relação entre infecções endodônticas, doenças periodontais e sinusite crônica<sup>1,15</sup>.

## 2.6 Tratamento e Prognóstico das Lesões Endo-Periodontais

As lesões endo-perio exigem uma abordagem terapêutica que integre intervenções endodônticas e periodontais. A complexidade dessas lesões demanda um tratamento individualizado, considerando a origem primária da lesão, sua extensão, e a resposta do paciente às intervenções.

### 2.6.1 Tratamento endodôntico

O tratamento endodôntico é crucial quando a lesão tem uma origem pulpar primária. A remoção do tecido pulpar infectado ou necrótico, seguida pela desinfecção dos canais radiculares, é essencial para eliminar a fonte de infecção e prevenir a progressão da lesão para o periodonto. A desinfecção eficiente do sistema de canais radiculares é uma etapa fundamental para o sucesso do manejo das lesões endo-perio<sup>12</sup>.

Em casos de lesões combinadas, o tratamento endodôntico deve preceder a intervenção periodontal. A desinfecção do canal radicular, aliada à aplicação de medicações intracanal, como o hidróxido de cálcio, é eficaz na redução da carga bacteriana e na promoção da cicatrização periapical<sup>19,20</sup>.

### 2.6.2 Tratamento periodontal

O tratamento periodontal é essencial para lesões com uma origem periodontal primária ou para aquelas onde o envolvimento periodontal secundário compromete o prognóstico. As terapias periodontais podem incluir raspagem e alisamento radiculares, procedimentos cirúrgicos e o uso de agentes antimicrobianos.

A abordagem periodontal deve ser cautelosa quando realizada após o tratamento

endodôntico, permitindo a cicatrização do tecido periodontal. A sequência do tratamento sugere a implementação de procedimentos periodontais após a estabilização endodôntica, o que permite uma melhor regeneração do ligamento periodontal e minimiza o risco de complicações<sup>21</sup>.

### 2.6.3 Abordagem interdisciplinar

A integração entre endodontia e periodontia é fundamental para o sucesso terapêutico das lesões endo-perio. Estudos indicam que o manejo combinado das lesões, considerando tanto os aspectos endodônticos quanto periodontais, oferece melhores resultados clínicos. A abordagem interdisciplinar deve ser planejada cuidadosamente, com a colaboração entre os profissionais de ambas as especialidades.

O diagnóstico diferencial, seguido por um plano de tratamento interdisciplinar, é essencial para evitar tratamentos inadequados que possam comprometer o prognóstico<sup>14</sup>. A coordenação entre endodontistas e periodontistas é crucial para maximizar os resultados e garantir a cura completa das lesões.

## 2.7 Uso de hidróxido de cálcio no tratamento das lesões endo-periodontais

O hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) é amplamente utilizado como medicação intracanal devido às suas propriedades antimicrobianas e de indução de mineralização. Estudos clínicos e *In Vitro*, demonstraram que a associação de hidróxido de cálcio com clorexidina ou outros veículos antimicrobianos pode aumentar a eficácia do tratamento, reduzindo significativamente a contagem bacteriana no sistema de canais radiculares<sup>12,19,22</sup>.

O hidróxido de cálcio possui a capacidade de modificar o pH e exerce ação bactericida ao se difundir pelos túbulos dentinários, características que podem ser benéficas para o sucesso do tratamento. Um estudo avaliou um mesmo protocolo endodôntico combinado em grupos com três protocolos clínicos periodontais distintos: raspagem e alisamento radicular (G1); raspagem e alisamento radicular associado à antibioticoterapia (G2); e acesso cirúrgico periodontal (G3). A pesquisa concluiu que todos os protocolos resultaram em melhorias no quadro clínico dos pacientes, demonstrando que o tratamento integrado endodôntico e periodontal é crucial para o sucesso na gestão dessas lesões complexas<sup>23</sup>.

A aplicação de hidróxido de cálcio tem mostrado bons resultados na cicatrização óssea, especialmente em casos de lesões combinadas, onde o componente endodôntico é dominante. O uso de hidróxido de cálcio associado a veículos como glicerina pode resultar em uma redução de até 71% na carga bacteriana, promovendo um ambiente favorável à regeneração óssea<sup>20</sup>.

## 2.8 Prognóstico e fatores influentes

O prognóstico das lesões endo-perio depende de vários fatores, incluindo a gravidade da doença periodontal, a resposta do paciente ao tratamento, e a presença de fatores de risco, como o tabagismo. Fumantes apresentam um risco aumentado de falha terapêutica devido à alteração da resposta inflamatória e à maior prevalência de periodontite apical crônica (PAC) <sup>24-26</sup>.

Estudos mais recentes sugerem que os biomarcadores imunológicos desempenham um papel significativo no desenvolvimento de lesões periapicais na periodontite apical, portanto, a análise desses marcadores em fumantes precisa ser melhor esclarecida<sup>24</sup>.

Dada a complexidade das lesões endo-perio, a escolha do tratamento deve ser baseada em um diagnóstico preciso e em uma abordagem interdisciplinar que considere todos os aspectos da patologia. A integração de terapias endodônticas e periodontais, aliada ao uso de tecnologias avançadas e à personalização do tratamento para cada paciente, oferece as melhores chances de sucesso<sup>27,28</sup>.

## 3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As lesões endoperiodontais, conforme discutido ao longo deste estudo, representam um dos desafios mais complexos na prática odontológica devido à sua etiologia multifatorial, à inter-relação intrincada entre a polpa e o periodonto, e à necessidade de um diagnóstico preciso e de um tratamento eficaz. Embora a origem das lesões possa ser diferenciada com base em características clínicas e radiográficas, a presença de fatores etiológicos como microrganismos anaeróbios exige que o tratamento considere as especificidades de cada caso.

A abordagem interdisciplinar não apenas otimiza o processo de cicatrização, mas evita que tratamentos inadequados comprometam o prognóstico. A adoção de tecnologias avançadas, como a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCCB), foi destacada como essencial para melhorar a precisão diagnóstica e monitorar a resposta ao tratamento.

O estudo reforça a necessidade de que futuras pesquisas se concentrem em novas estratégias de tratamento e em um acompanhamento dos casos para aprimorar as práticas clínicas, sendo de grande relevância para estudantes e profissionais da área.

## REFERÊNCIAS

1. LANG NP, LINDHE J. **Tratado de periodontia clínica e implantodontia oral**. 6th ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2018.
2. PAPAPANOU PN, SANZ M, BUDUNELI N, DIETRICH T, FERES M, FINE DH, et al. **Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions**. J Clin Periodontol. 2018;45(Suppl 20) doi:10.1111/jcpe.12946.

3. SIMRING M, GOLDBERG M. **The pulpal pocket approach: Retrograde periodontitis.** J Periodontol. 1964;35(1):22-48.
4. SINGH S. **Management of an endoperio lesion in a maxillary canine using platelet-rich plasma concentrated and an alloplastic bone substitute.** J Indian Soc Periodontol. 2009;13(2):97-100
5. SIMON JH, GLICK DH, FRANK AL. **The relationship of endodontic-periodontic lesions.** J Periodontol. 1972;43(4):202-8.
6. RUETTERS M, KRUG R, EICKHOLZ P, SCHLAGENHAUF U, DOMMISCH H, PETSOS H. **Is endoperio lesion a risk factor for tooth loss? A long-term retrospective study.** Clin Oral Investig. 2021;25(2):803-13
7. NAIR PN. **Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures.** Crit Rev Oral Biol Med. 2004;15(6):348-81.
8. SIQUEIRA JF JR, ROCAS IN, RICUCCI D. **Treatment of endodontic infections with antimicrobial photodynamic therapy and its impact on clinical outcomes.** J Endod. 2014;40(1):62-8. doi: 10.1016/j.joen.2013.09.005.
9. TROPE M, SEGAL H. **The role of endodontics in the treatment of combined endodontic-periodontal diseases.** Endod Topics. 2015;30(1):3-13. doi: 10.1111/etp.12080.
10. KAHN S, DIAS AT, NOBRE V, OLIVEIRA LZ, FERNANDES GV. **Endodontic and Periodontal Treatment of Complete Buccal Root and Apex Exposition: A Challenging Case Report With 17 Months Follow-Up.** Clin Adv Periodontics. 2022;12(3):152-158. doi:10.1002/cap.10173.
11. PATEL S, DAWOOD A, FORD TP, WHAITES E. **The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems.** Int Endod J. 2007;40(10):818-30. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01323.x.
12. ZERELAJA, FOUADAF, SPANGBERG LS. **Effectiveness of a calcium hydroxide and chlorhexidine digluconate mixture as disinfectant during retreatment of failed endodontic cases.** Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology Endodontology. 2005, v.100, p.756-61.
13. BORGES CC, MAZIERO LFM. **Endoperiodontal lesions: classification and diagnosis.** Exp Clin Perspect Biomed Innov Health Educ PECIBES. 2021;7:57-63.
14. MARQUES EF, SANTOS MA, SILVA MB, LEMOS LA, CAMPIOL V, RODRIGUES SL, et al. **Regression of low predictability periapical lesion through endodontic treatment in a single session: case report.** Int J Adv Eng Res Sci. 2020;7(3):60-3.
15. JANG YE, KIM BS, KIM Y. **Clinical factors associated with apical periodontitis visible on cone-beam computed tomography but missed with periapical radiographs: a retrospective clinical study.** J Endod. 2020;46(6):832-8.
16. LOPES HP, SIQUEIRA JF. **Endodontia: biologia e técnica.** 5th ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2015.
17. BUONAVOGLIA A, ZAMPARINI F, LANAVE G, PELLEGRINI F, DIAKOUDI G, SPINELLI A, et al. **Endodontic microbial communities in apical periodontitis.** J Endod. 2023;49(2):178-89.

18. LIMA CO, DEVITO KL, VASCONCELOS LRB, PRADO M, CAMPOS CN. **Correlation between endodontic infection and periodontal disease and their association with chronic sinusitis: a clinical-tomographic study.** J Endod. 2017;43(11):1978-83.
19. GOMES BPFA, FERRAZ CC, GARRIDO FD, et al. **Microbial susceptibility to calcium hydroxide pastes and their vehicles.** J Endod. 2002;28(10):758-61.
20. SIQUEIRA JF JR, RÔÇAS IN, NEVES MA, et al. **Effects of calcium hydroxide paste in different vehicles on bacterial reduction during treatment of teeth with apical periodontitis.** J Endod. 2023;49(1):55-61.
21. VAKALIS SV, WHITWORTH JM, ELLWOOD RP, PRESHAW PM. **A pilot study of treatment of periodontal-endodontic lesions.** Int Dent J. 2005;55(6):313-8.
22. PAIVA SS, SIQUEIRA JF JR, ROCAS IN, et al. **Supplementing the antimicrobial effects of chemomechanical debridement with either passive ultrasonic irrigation or a final rinse with chlorhexidine: a clinical study.** J Endod. 2012;38(9):1202-6.
23. SANTOS CHSD. **Avaliação de diferentes protocolos clínicos para tratamento de lesão endoperiodontal: 3 séries de casos** [tese]. São José dos Campos: Universidade Estadual Paulista Unesp, Instituto de Ciência e Tecnologia; 2019.
24. DE PAULA KM, GOMES CC, VALENTE MIB, PIRES FR, THULLER KABR, SALLES L, ARMADA L. **Evaluation of receptor activator of nuclear factor kappa B ligand, osteoprotegerin, osteopontin, and tumor necrosis factor alpha in chronic apical periodontitis in smokers.** J Endod. 2023;49(2):137-43.
25. WILDER RS, BRAY KS. **Improving periodontal outcomes: merging clinical and behavioral science.** Periodontol 2000. 2016;71(1):65-81.
26. PEERAN SW, THIRUNEERVANNAN M, ABDALLA KA, MUGRABI MH. **Endo-Perio lesions.** Int J Sci Technol Res. 2013;2(6):268-74.
27. NÚÑEZ N, ERDOGAN O, CASEY SM, HERNÁNDEZ R, TAN S, GIBBS JL. **Elevated cytokine levels in gingival crevicular fluid of teeth with apical periodontitis.** J Endod. 2023;49(6):657-63
28. PINTO JRLG. **Lesões endo-perio: a complexidade do diagnóstico** [tese]. Porto: Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto; 2018.

## CAPÍTULO 3

# PROJETO “MENINAS NAS GEOCIÊNCIAS”: VISA MOSTRAR AS GEOCIÊNCIAS PARA AS ADOLESCENTES DE ESCOLAS PÚBLICAS DE CAÇAPAVA DO SUL

*Data de submissão: 20/01/2025*

*Data de aceite: 05/02/2025*

**Menezes, G.K.C.**

Universidade Federal do Pampa, Campus  
Caçapava do Sul

**Oliveira, T.C.**

Universidade Federal do Pampa, Campus  
Caçapava do Sul

**Lopes, C.G.C.**

Universidade Federal do Pampa, Campus  
Caçapava do Sul

**Brito, J.E.S.C**

Universidade Federal do Pampa, Campus  
Caçapava do Sul

**Heredia, C.G.C.**

Universidade Federal do Pampa, Campus  
Caçapava do Sul

**RESUMO:** Meninas nas Geociências é um projeto voltado para o despertar feminino no campo masculino. Culturalmente, acreditava-se que os cursos das áreas de Exatas tinham suas vagas preenchidas por pessoas do gênero masculino. Isto se dava por questões puramente influenciadas pelo meio de convívio. No entanto, estudos confirmam que equipes diversas são mais criativas e inovadoras. A participação das

mulheres nas indústrias relacionadas com as matérias-primas é, portanto, necessária e pode ser considerada um elemento desejável da estratégia empresarial. Ser admitido em uma Universidade ou cursar uma faculdade nunca foi o problema, sendo que os cursos escolhidos por homens e mulheres são tipicamente diferentes, levando em consideração padrões culturais, estereótipos de gêneros. Ainda hoje, alguns relacionam mulheres a carreiras humanistas e de saúde e homens em carreiras científicas e técnicas. Este aspecto está intrinsecamente relacionado ao ambiente saturado de informações sobre o que constitui um comportamento estereotipado do ponto de vista do gênero e constantemente reforçado por pais, professores e membros das redes de sociabilidade. Tendo isto em vista, observa-se que o egresso no ensino superior, em cursos de Geologia, Engenharia Ambiental e Sanitária e Engenharia de Minas da Unipampa, campus Caçapava do Sul, também reflete o cenário estereotipado masculino. Desde a sua criação, em 2011, o curso de Geologia obteve 251 ingressantes do gênero feminino, o que corresponde a 39,16% do total de ingressantes. Já no curso de Engenharia de Minas, que iniciou suas

atividades em 2023, o número de ingressantes do gênero feminino equivale a 31,81% do total de matriculados. Excepcionalmente, no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, desde 2012, ingressaram 285 discentes do gênero feminino, cerca de 56% do total de ingressantes. O projeto “Meninas nas Geociências”, visando aumentar o número de discentes do gênero feminino nas Geociências espera melhorar o equilíbrio de gênero nos cursos de Geologia e Engenharias. Assim, o primeiro passo da execução do projeto foi a Escola Técnica Agrícola Dr. Rubens da Rosa Guedes (ETERRG) de Caçapava do Sul, aplicar um questionário com as meninas dos anos finais do ensino fundamental para ter um panorama do que elas pensam em relação às Geociências. Em um segundo momento essas meninas foram convidadas a conhecer a estrutura do campus Caçapava do Sul-Unipampa (Laboratório de Mineralogia e Petrografia, Laboratório de Microscopia e Laboratório de Química), seu funcionamento e um pouco mais sobre os cursos oferecidos. Durante a visita, enquanto eram mostradas as dependências do Campus e explicado sobre as práticas realizadas em cada laboratório, surgiram várias perguntas relacionadas com o que era mostrado e uma interação ao que lhes era mostrado. O objetivo principal, neste início de processo, foi alcançado com sucesso. Foi despertado o interesse dessas jovens meninas pelas Geociências, ao mesmo tempo em que foi combatido os estereótipos de gênero e oferecido modelos de referência inspiradores. As atividades do projeto visam não apenas ampliar o acesso ao conhecimento técnico-científico, mas também criar uma rede de apoio entre as participantes, mentoras e profissionais da área. Com o desenvolvimento e sua prática, o projeto “Meninas nas Geociências”, espera que as meninas num futuro próximo escolham seguir a educação superior e possam optar por um dos cursos oferecidos pelo Campus Caçapava do Sul- Unipampa. Espera-se que essa pequena sementinha que está sendo plantada através do projeto num futuro próximo possa dar frutos com mais meninas na Geociências.

**PALAVRAS-CHAVE:** Meninas, Geociências, gênero.

## **AGRADECIMENTOS:**

Primeiramente gostaríamos de agradecer à professora Cristiane Heredia Gomes por ter aceitado coordenar o projeto “Meninas nas Geociências”, em segundo a Escola Técnica Agrícola Dr. Rubens da Rosa Guedes (ETERRG) de Caçapava do Sul, por ter permitido que realizássemos as atividades com as meninas. Também agradecemos a Unipampa por ter permitido que abríssimos as portas da universidade para as meninas conhecerem.









# O PROCESSO DE PESQUISA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: UMA ABORDAGEM A PARTIR DO CONDICIONAMENTO HIDROGEOLÓGICO DO AQUÍFERO COUTO MAGALHÃES EM MARABÁ-PA

*Data de submissão: 27/12/2024*

*Data de aceite: 05/02/2025*

### **Josué Souza Passos**

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará/UNIFESSPA  
Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (2017), Mestrado pela Unicamp (2020) e Especialização em Recursos Hídricos pela Ibra de Minas Gerais (2024). Atualmente é geólogo do Instituto de Meio Ambiente de Santa Catarina.  
<https://orcid.org/0000-0003-1716-8048> 2

### **Ana Valéria dos Reis Pinheiro**

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará/UNIFESSPA  
Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Pará (1996) e Especialização em Hidrogeologia Aplicada (1996) por esta universidade, mestrado em Geologia Aplicada - subárea Hidrogeologia, pela Universidade Federal do Ceará (1999) e doutorado em Geologia - subárea Hidrogeologia (2009) pela Universidade Federal do Pará.  
<https://orcid.org/0000-0001-8244-2053>

cidade de Marabá, situada no sudeste do estado do Pará, com vistas ao processo de pesquisa de água subterrânea. Para tanto, utilizou-se conhecimentos de hidrogeologia, geomorfologia, fotointerpretação e geologia estrutural. Estes diversos parâmetros, analisados em conjunto, minimizam os erros inerentes à locação de poços em terrenos cristalinos. A área é constituída geologicamente por filitos, ardósias e xistos da Formação Couto Magalhães. Em se tratando dos aspectos geomorfológicos, é formada por morros e colinas do sistema denudacional e por extensas planícies com leves ondulações do sistema agradacional. As direções de alinhamentos estruturais obtidas pela interpretação das imagens são compatíveis com aquelas registradas nas rochas da região. As principais famílias de fraturas identificadas são as NW-SE e NE-SW e secundariamente N-S e E-W. Quando interceptadas, essas fraturas formam padrões anômalos em forma de romboedros. A análise das estruturas rúpteis e dúcteis junto com dados estruturais regionais possibilitou o reconhecimento das direções de fraturas de Riedel, bem ilustradas no elipsoide de McCLAY (1994). Com a integração dos dados concebidos, sugeriram-se as condições favoráveis a

**RESUMO:** Realizou-se a análise de diversos fatores que influenciam o condicionamento hidrogeológico do aquífero fissural Couto Magalhães na

estudos mais detalhados para assegurar a locação de poços mais produtivos na área.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hidrogeologia, Aquífero Fraturado, Geologia Estrutural, Marabá, Recursos Hídricos Subterrâneos.

**ABSTRACT:** Researchers analyzed several factors that have some influence on the hydrogeological conditioning of the fractured Couto Magalhães aquifer in the city of Marabá, located in the southeast of the Pará state, in Brazil. To do this, knowledge of hydrogeology, geomorphology, photo interpretation, and structural geology was used. Those parameters, when analyzed together, decrease the margin of error for wells drilling in the fractured rocks aquifers. The area where this work took place is geologically composed by phyllites, slates and micaschists from the Couto Magalhães Formation. With regards to geomorphology, there are both areas of denudation and aggradation. The first one is composed by various types of hills while the second one is formed by extensive plains. The structural trends obtained by photo interpretation of satellite and radar images are compatible with the results of fracking data obtained in the field. The main fracture sets are NW-SE and NE-SW, and secondarily, N-S and E-W. When those fractures intercept each other, they produce anomalous patterns in the form of rhombohedral fractures present in the rocks. The Analysis of brittle and ductile structures and the association of them with regional structural data, made possible the ability to recognize the main directions of Riedel fractures as well as the ability to illustrate them in the ellipsoid created by McCLAY (1994). Data integration allowed researchers to indicate the areas that should be investigated with more details in order to ensure the best places to drill and to produce good wells.

**KEYWORDS:** Hydrogeology, Fractured Aquifer, Structural Geology, Marabá, Groundwater Resources.

## 1 | INTRODUÇÃO

A água é fundamental para a manutenção de todas as formas de vida. Desta forma, a necessidade deste recurso para suprir as demandas humanas tem impulsionado a realização de pesquisas que contribuam para a caracterização de fatores que controlam o condicionamento e a disponibilidade de águas subterrâneas. De acordo com Borghetti et al. (2004), o meio subterrâneo contém 98,7% da água acessível à demanda humana, enquanto somente 1,3% corresponde à água superficial que ocupa os rios e lagos.

Os aquíferos, materiais geológicos capazes de armazenar e transmitir água, são os principais focos de investigação para captação de água subterrânea. A ocorrência do recurso hídrico e sua correlação com sistemas aquíferos quer sejam estes de meio poroso, fissural ou aluvionar, depende principalmente de fatores geológicos, tectono-estruturais e fisiográficos (COSTA, 1985; PINHEIRO, 2000; REBOUÇAS, 2006).

Em estudos hidrogeológicos, os meios fissurais representam uma das abordagens mais difíceis, visto se tratarem de terrenos heterogêneos e anisotrópicos, cuja capacidade de armazenar e transmitir água depende de tramas predominantemente rúpteis. A distribuição e configuração dessas estruturas geralmente são aleatórias e dependem da

reologia das rochas quando submetidas a uma série de esforços tectônicos.

Na cidade de Marabá, o aquífero fissural Couto Magalhães, alvo desta pesquisa, tem sido palco de constantes investigações (SILVA 2010, PIMENTEL 2012). No entanto, até a consumação da presente pesquisa, não havia nenhum trabalho consolidado que reunisse e discutisse de maneira integrada uma série de fatores que influenciam e condicionam a hidrogeologia deste meio fraturado.

Portanto, o trabalho de conclusão de curso intitulado “Nova abordagem do condicionamento hidrogeológico do aquífero Couto Magalhães na cidade de Marabá-PA”, consta de uma série de dados e informações referentes ao controle e condicionamento hidrogeológico do aquífero em apreço, bem como apresenta essas informações de maneira integralizada e sistemática através de produtos cartográficos.

## 1.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Marabá (Figura 1) está localizada no sudeste do estado do Pará, região norte do Brasil, sob as seguintes coordenadas geográficas 05° 21' 03"S, 49° 08' 49"W (IBGE, 1995). A partir de Belém, capital do estado, o acesso à cidade pode ser feito via terrestre pela PA-150, cujo trajeto é de aproximadamente 550 km e dura cerca de 8 horas em condições climáticas normais. O acesso à cidade pode ser feito, ainda, via aérea por meio de três companhias que realizam voos diários para o município a partir do Aeroporto Internacional de Belém; a duração da viagem é de aproximadamente 1 hora. A área de trabalho, localiza-se no núcleo Nova Marabá, cujos bairros recebem o nome de folhas numeradas na referida cidade.

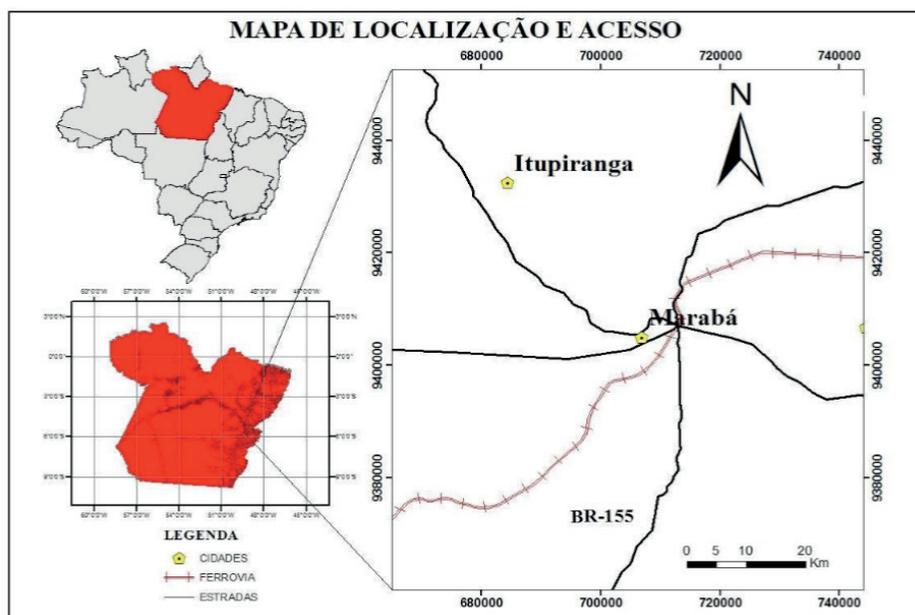


Figura 1 – Mapa de localização e acesso à cidade de Marabá-PA.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A realização desta pesquisa constou de três etapas distintas, a saber: etapa preliminar, etapa de campo e etapa de escritório.

### 2.1 Etapa Preliminar

Esta etapa constou da aquisição bibliográfica referente ao tema, bem como dos utensílios utilizados para confecção da base cartográfica utilizada e apresentada neste trabalho. A bibliografia consistiu em livros, teses e dissertações referentes à hidrogeologia de terrenos cristalinos, bem como de trabalhos hidrogeológicos relativos ao aquífero Couto Magalhães na cidade de Marabá.

A base cartográfica foi elaborada por meio de imagens de radar do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 30m, bem como com auxílio de imagens de satélite Landsat 8. Trabalharam-se essas imagens com assistência dos programas *Global Mapper* 15.0 para delimitação da área de trabalho e para aplicação de filtros direcionais simulando iluminação solar de 45° em 45°. Os produtos do sensoriamento remoto foram confeccionados no programa *ArcGis* 10.3. Além disso, lançou-se mão do programa *Spring* 5.4.3 para elaboração de diagramas de rosetas constando das principais direções dos fotoalinhamentos presentes no respectivo mapa.

A fotointerpretação e análise dos dados obtidos por meio dos produtos sensores seguiram a metodologia adotada por Soares e Fiori (1976), considerando as colocações de Lima (2002). Esses trabalhos foram fundamentais para a análise das propriedades da rede de drenagem e relevo, cujo resultado foram os mapas de zonas homólogas de drenagem, alinhamentos de drenagem e relevo e sistemas geomorfológicos.

### 2.2 Etapa de Campo

Durante as atividades de campo, realizou-se o reconhecimento das unidades e estruturas geológicas presentes na área de estudo. Para tanto, utilizou-se a bússola geológica do tipo *Silva* para extração de dados estruturais e o GPS *Garmin* 12 para o posicionamento espacial dos dados obtidos.

O reconhecimento geológico consistiu na descrição e análise de afloramentos e litotipos expostos no núcleo urbano da cidade. As principais exposições foram encontradas em cortes de estrada, ravinas e nas margens dos principais rios da cidade.

Na análise estrutural, buscou-se identificar e caracterizar principalmente as estruturas e feições rúpteis, pois são as essenciais para o estudo de meios cristalinos. As principais estruturas investigadas consistiram em: sistemas de fraturas e preenchimento destas estruturas, direções da rede de drenagem, falhas e indicadores cinemáticos. Além disso, secundariamente, coletaram-se dados sobre elementos dúcteis como foliação e

dobras.

Na análise topográfica e geomorfológica, buscou-se entender a disposição das geoformas e a dinâmica atuante em processos atuantes na disposição da paisagem. Lançou-se mão do sistema de classificação sugerida por Latrubesse (2006) e adotado por Felipe (2012) para análise geomorfológica da região de Marabá. A classificação detém como sistemas principais os denudacional e o agradacional, ambos ramificados em diversos subníveis.

As informações adquiridas nesta etapa confirmaram em meso escala as principais direções dos fotoalinhamentos obtidos por meio das imagens de satélite e radar. O levantamento de todas essas análises visou o entendimento da relação entre as diversas condicionantes e os resultados positivos ou negativos na locação de poços.

## 2.3 Etapa de Escritório

Nesta etapa, integraram-se os dados obtidos nas etapas anteriores no intuito de utilizá-los como subsídio para as interpretações e, conseqüentemente, as conclusões desta pesquisa. Diversos softwares foram empregados para a elaboração dos mapas e figuras. Os softwares *Georose* 0.5.1 e *Openstereo* 0.1.2 foram usados para o tratamento das estruturas rúpteis e dúcteis. Além destes, valeu-se do *ArcGis* 10.3 para confecção dos mapas finais e do *CorelDraw* X8 para edição de figuras e blocos diagramas.

## 3 | CONTEXTO GEOLÓGICO

A cidade de Marabá pertence à Folha Marabá (SB.22-X-D) e abrange geologicamente três grandes províncias geotectônicas, cinturão de cisalhamento Itacaiúnas, cinturão de cisalhamento Araguaia e bacia do Parnaíba (CPRM, 1996), além dos depósitos sedimentares recentes.

O cinturão Itacaiúnas corresponde à unidade mais antiga, sua evolução é atribuída a uma tectônica colisional oblíqua, que incorpora componente direcional sinistral e movimentação de massas de SW para NE no final do Arqueano ao Proterozoico Inferior. Ocupa cerca de 10% da Folha Marabá sendo divididos em dois domínios litoestruturais. O primeiro compreende ao domínio imbricado com transcorrências associadas, envolvendo rochas da Suíte Metamórfica Bacajaí e do Complexo Xingu, dispostas em padrão anastomosado na direção geral E-W, com inflexões para NW-SE e NE-S. O segundo representado pelo domínio transcorrente, com cavalgamentos associados onde aparecem rochas do Grupo Rio Novo, Tapirapé e Paredão, os quais encontram-se também dispostos em padrão anastomótico com orientação geral WNW- ESE (CPRM, 1996).

A segunda unidade corresponde ao Cinturão Araguaia relacionado ao Proterozoico Inferior a Médio é resultante da atuação de regime compressivo oblíquo sinistral com

orientação de SE para NW. Corresponde a cerca de 40% da folha sendo representado pelas formações Xambioá, Pequizeiro e Couto Magalhães, as quais se apresentam segundo um padrão de imbricamento generalizado. As grandes anisotropias observadas apresentam duas orientações preferenciais. Uma de direção submeridiana configurando os traços das zonas de cisalhamento com caráter de cavalgamento oblíquo sinistral e outra com orientação geral WNW-ESE, representando as zonas de cisalhamento transcorrentes (CPRM, 1996).

A terceira e última unidade geotectônica corresponde a Bacia do Parnaíba onde a mesma teve evolução e deposição de suas unidades geológicas, tanto no Paleozoico quanto no Mesozoico, através da implantação de um regime distensivo controlado pela estrutura antiga de seu embasamento. No Paleozoico, o referido regime extensional teve o eixo de estiramento máximo orientado segundo a direção NW-SE, completam o quadro geológico da Folha Marabá as coberturas cenozoicas compreendendo lateritos, coluviões, eluviões e aluviões, muitas vezes controladas por neoestruturas (CPRM, 1996).

A formação mais antiga da cidade é a Couto Magalhães, posicionada no Proterozoico Médio/Superior, formada por filitos, ardósias, xistos e subordinadamente quartzitos e calcários. No perímetro urbano o litotipo dominante são os filitos de coloração cinza a tons avermelhados ou amarelados, principalmente quando alterados. Ocasionalmente, afloram xistos de granulação fina, coloração cinza a esverdeada. Estes apresentam uma proeminente foliação milonítica e abundantes fraturas rúpteis (PRIMAZ, 1996).

Rochas anteriormente correlacionáveis à Formação Itapecuru por Oliveira (CPRM, 1996), são atualmente correlacionáveis aos sedimentos da Formação Barreiras, de idade oligo- miocênica, por Souza e Santos Junior (2010), bem como por Felipe (2012). De modo geral, afloram no norte do rio Tocantins e no complexo Cidade Nova, estendendo-se além do limite oeste da cidade de Marabá.

São rochas clásticas, constituídas por arenitos arcoseanos de cores avermelhadas, cinza e amarelada, granulação fina a média, heterogênea, friável, localmente com lentes de conglomerados, sendo frequentes as intercalações de pelitos avermelhados (PRIMAZ, 1996). Por fim, completa o quadro geológico da cidade, a cobertura quaternária que cobre as regiões mais proximais dos rios e seus tributários, merecendo registro os depósitos ao longo dos rios Tocantins e Itacaiúnas.

Esses depósitos são constituídos de sedimentos inconsolidados, formados por siltes, argilas, areias e cascalhos (PRIMAZ, 1996). Almeida *et. al.* (2001) propõe o mapa geológico para a cidade e cercanias.

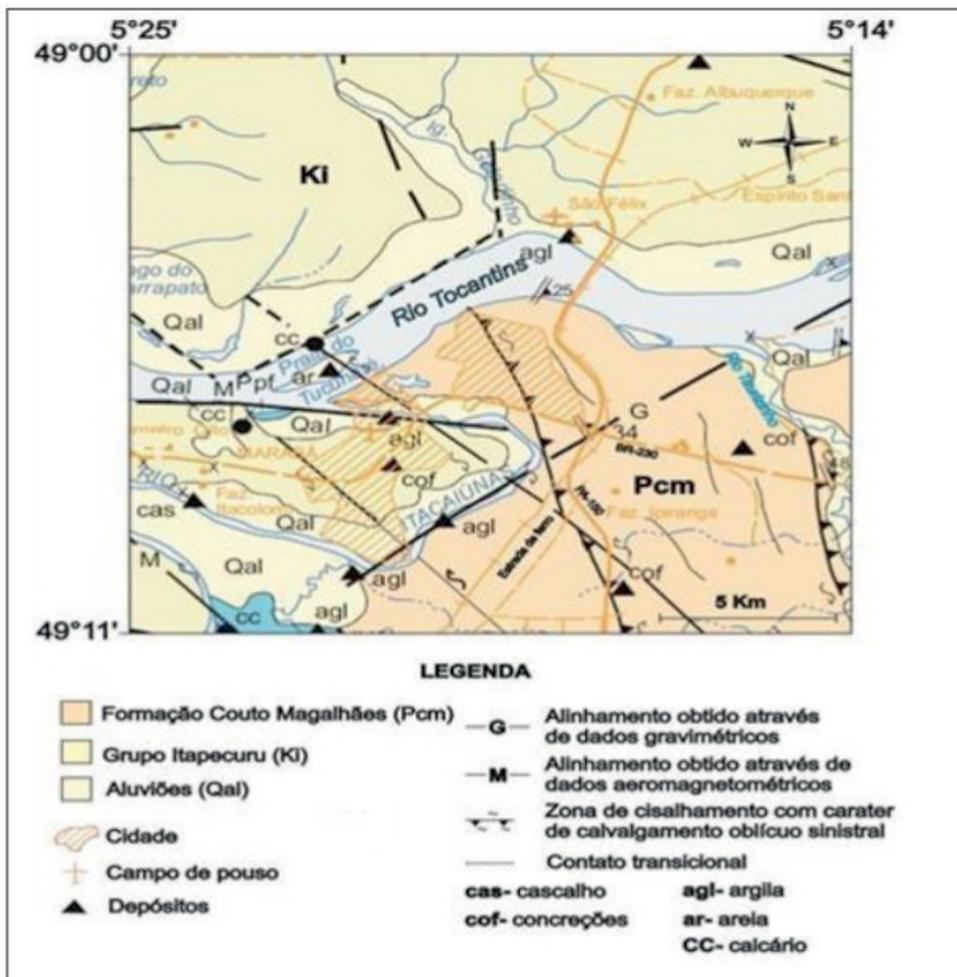


Figura 2 - Geologia de Marabá. Fonte: Almeida et al. (2001).

## 4 | RESULTADOS

### 4.1 DADOS DO SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto possibilitou a extração de informações fotogeológicas que resultaram nos mapas básicos apresentados neste item. Os produtos sensores são importantes para subsidiar a compreensão da dinâmica tectono-estrutural da área, bem como sua relação com ocorrência de água superficial e subterrânea.

#### 4.1.1 Dados de Drenagem e Zonas Homólogas de Drenagem

A partir do mapa de drenagem, identificaram-se quatro zonas homólogas de drenagem (Figura 3), cujas principais propriedades são exibidas no Quadro 1.

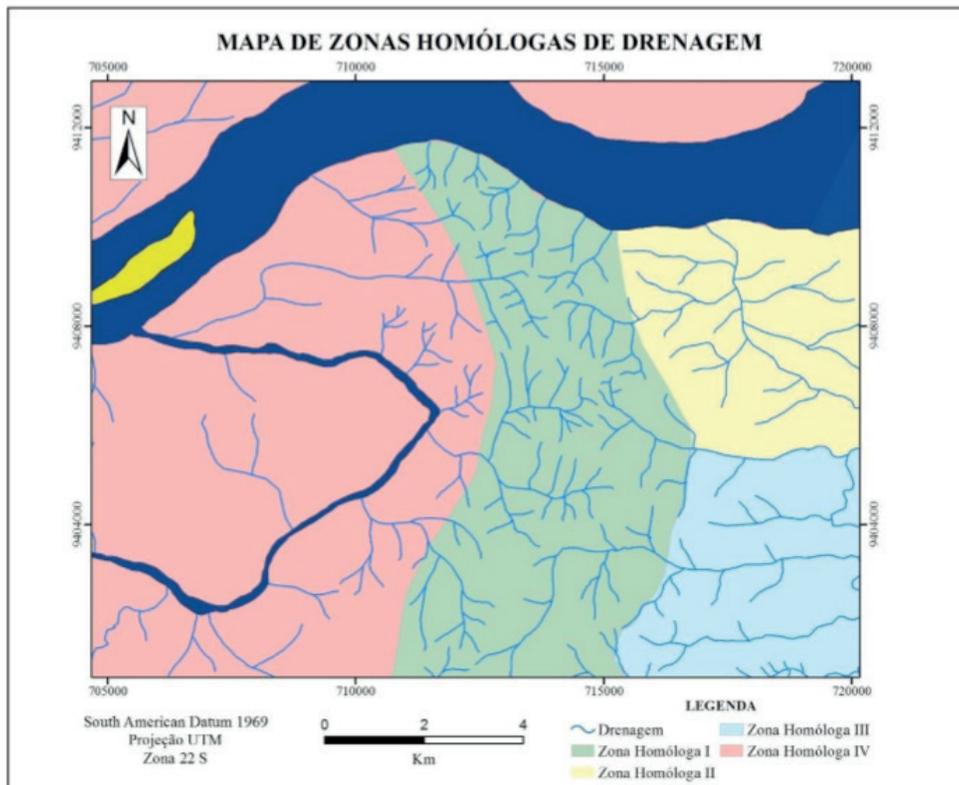


Figura 3 - Mapa de zonas homólogas de drenagem

Propriedade	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
Padrão	Subdendrítico	Subdendrítico	Subparalelo	Subdendrítico
Densidade	Média a Alta	Média	Baixa	Baixa
Sinuosidade	Mista	Mista	Mista	Mista
Angularidade	Média-Alta	Média-Alta	Média-Alta	Média-Alta
Tropia	Multidirecional N-S, E-W, NW- SE, NE-SW	Tridirecional E-W, NW-SE, NE-SW	Tridirecional E-W, NW-SE, NE-SW	Multidirecional N-S, E-W, NW- SE, NE-SW
Assimetria	Forte	Fraca	Forte	Forte
Anomalias	Cotovelos, arcos, canais retilíneos	Cotovelos, arcos	Meandros isolados	Cotovelos, arcos e meandros isolados

Quadro 1 – Propriedades da rede de drenagem na área de estudo

De acordo com a lógica e análise sistemática de fotointerpretação geológica sugerida por Soares e Fiori (1976) e da análise da drenagem e seu significado geológico-geomorfológico sugerido por Lima (2002), os elementos de drenagem presentes nas

zonas homólogas I, II, III e IV indicam a presença de forte controle estrutural, litológico ou litoestrutural na área em apreço.

O padrão subdendrítico nas zonas homólogas I, II e IV, bem como aquele subparalelo na zona III, são comuns em terrenos controlados pela presença de estruturas tectônicas (LIMA, 2002).

De modo geral, as zonas homólogas constam de drenagem com baixa a média densidade, exceto pela zona I que apresenta densidade média a alta. A densidade média a alta aponta a existência de um terreno com baixa permeabilidade favorecendo o escoamento superficial da água. Por outro lado, baixa densidade pode estar associada à ocorrência de aluviões ou rochas permeáveis que permitem a infiltração da água ao invés do seu escoamento superficial.

A tropia multidirecional junto à tendência tridirecional, aliadas à sinuosidade mista e angularidade média-alta presente em todas as zonas, fortalecem o indício de influência de fortes fatores estruturais ao longo do terreno. Soares e Fiori (1976) enfatizam que ângulos elevados entre os tributários são típicos em terrenos estruturados enquanto a presença de ângulos agudos indica ausência ou fraco controle estrutural. De modo geral, os ângulos entre diversos tributários da rede de drenagem são altos ocorrendo, no entanto, alguns ângulos médios em cada zona.

Para Lima (2002), a assimetria é um importante parâmetro a ser analisado, pois exige o caimento do terreno a partir de estruturas primárias ou secundárias oriundas de blocos controlados tectonicamente. Via de regra, a drenagem apresenta forte assimetria entre os tributários que deságuam nos grandes rios (Tocantins e Itacaiúnas) da área em apreço, assim como entre os tributários e rios mais expressivos de cada zona, exceto pela zona II que apresenta fraca assimetria.

A abundante presença de anomalias em forma de arcos, cotovelos, meandros isolados e drenagens retilíneas são ocorrências que também corroboram a presença de controle tectônico na rede de drenagem da região.

#### *4.1.2 Dados Topográficos*

Os mapas topográficos são considerados mapas básicos, haja vista uma diversidade de outros mapas serem subprodutos deles. De modo geral, as cotas altimétricas da área estudada variam de 65 a 150 metros. Os pontos mais baixos estão localizados junto às extensas planícies aluvionares dos rios Tocantins e Itacaiúnas enquanto as maiores elevações são encontradas a sul, leste e regiões centrais da área de estudo, bem como são marcadas por relevo acidentado constituído por colinas e morros diversos como mostra o mapa e os perfis topográficos consequentes (Figura 4).

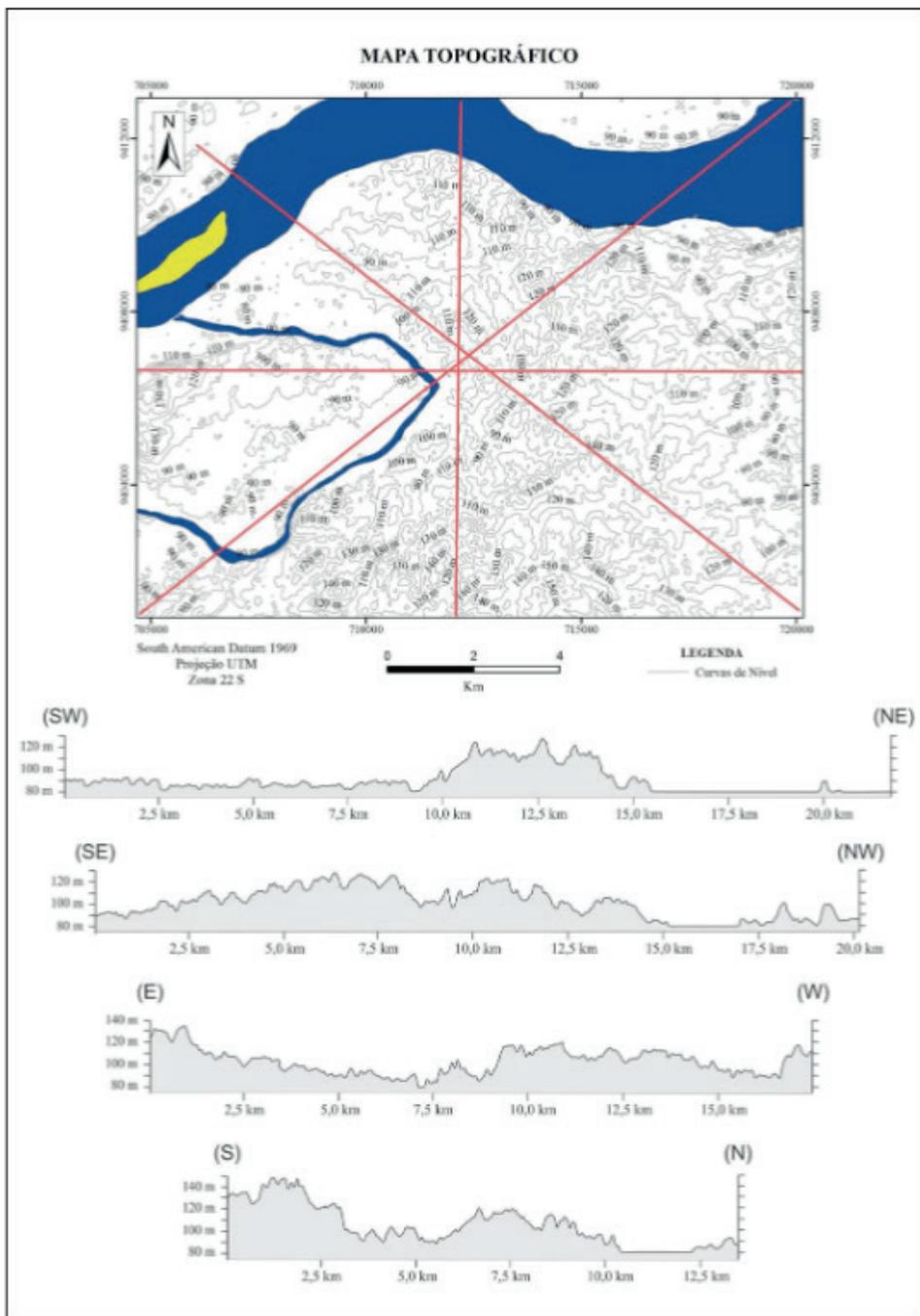


Figura 4 – Mapa e perfis topográficos enfatizando as cotas e formas de relevo em direções diversas

## 4.2 DADOS ESTRUTURAIS

As informações aqui apresentadas dizem respeito aos fotoalinhamentos de relevo e drenagem. Esses fotoalinhamentos são consequência das feições lineares de caráter retilíneos ou levemente encurvados que indicam a estruturação tectônica da área.

O mapa de fotoalinhamentos (Figura 5) e o diagrama geral de rosetas (Figura 5A) exibem alinhamentos cujas principais direções são NW-SE e subordinadamente NE-SW. As rosáceas referentes ao relevo (Figura 5B) apontam as direções NW-SE, NNW-SSE e NE-SW como principais. O diagrama de rosetas gerado para rede de drenagem (Figura 5C) evidencia as direções NNW-SSE, NW-SE e ENE-WSW/E-W como principais.

## 4.3 DADOS DE CAMPO

A campanha de campo permitiu o levantamento *in loco* dos quadros geológico, geomorfológico e estrutural apresentados neste item.

### 4.3.1 Quadro Geológico

Durante as expedições, identificaram-se rochas das formações Couto Magalhães (Figuras 6A e 6B) e Pós - Barreiras (Figura 6C), esta última, localmente, em contato direto com a primeira (Figura 6D).

#### 4.3.1.1 Formação Couto Magalhães

A Formação Couto Magalhães compreende uma sequência metapelítica formada por filitos, ardósias e micaxistos. Esses litotipos afloram no Núcleo Nova Marabá com exposições chaves às margens dos rios, assim como em cortes de estrada distribuídos pela cidade. Os filitos constam os litotipos dominantes, exibem clivagem filítica marcante e forte influência estrutural. De modo geral, apresentam granulação fina e são constituídos por mica branca,

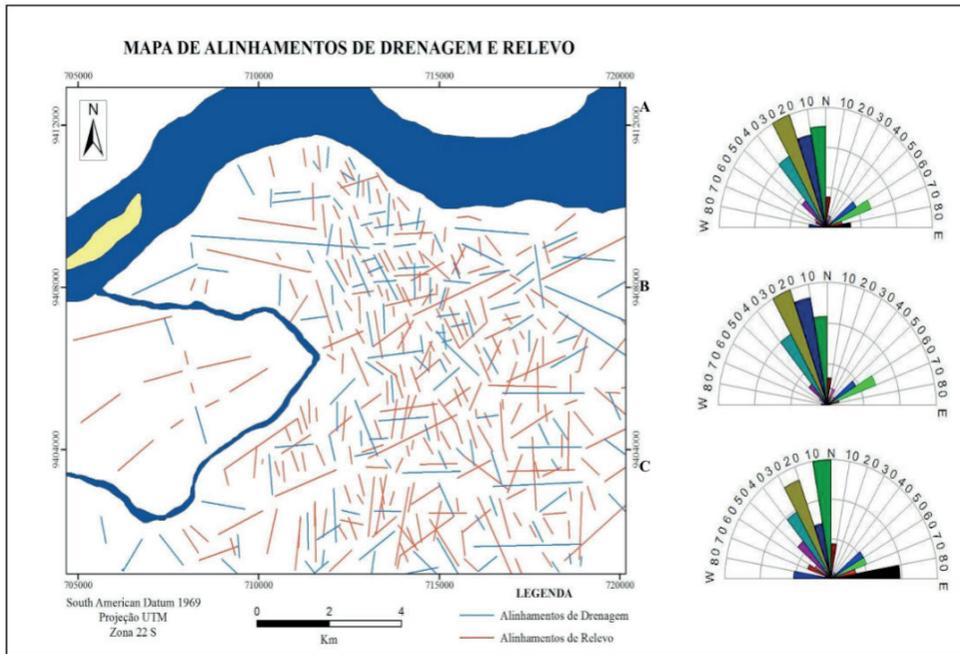


Figura 5 – Mapa de alinhamentos de drenagem e relevo. (A) Diagramas de rosetas geral para drenagem e relevo. (B) Diagrama de rosetas para drenagem. (C) Diagrama de rosetas para relevo.

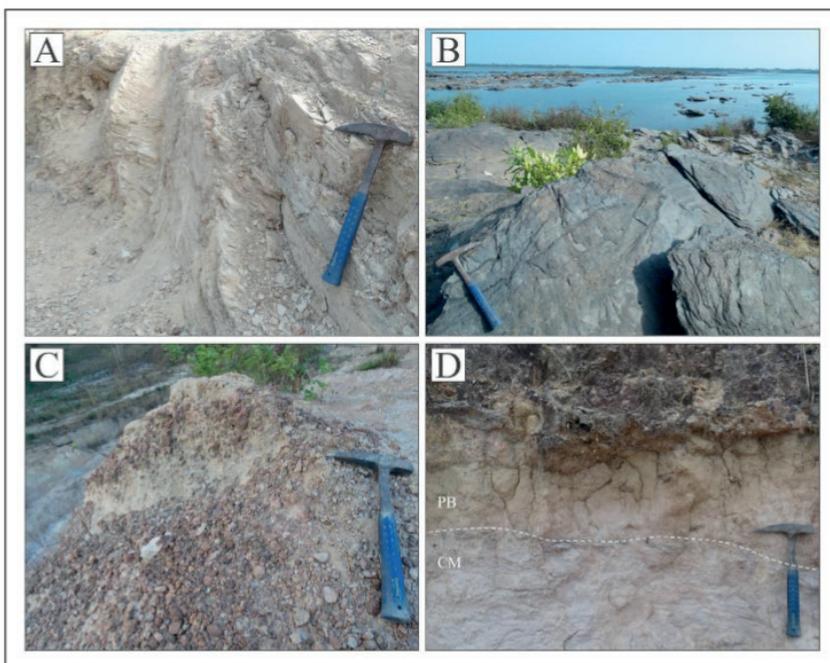


Figura 6 – Principais litologias presentes na área de estudo. (A e B) Filitos e ardósias da Formação Couto Magalhães. (C) Sedimentos Pós Barreiras contendo fragmentos de laterita retrabalhada. (D) Contato da Formação Pós Barreiras com a Formação Couto Magalhães.

Clorita e quartzo definindo uma textura orientada que destaca a foliação. Essas rochas são marcadas por clivagem filítica com direção N-S e mergulhos entre 20°/E e 40°/E, bem como por um padrão de fraturas em forma de romboedros. As ardósias ocorrem às margens do rio Tocantins exibindo coloração cinza-esverdeada e clivagem ardosiana evidente. Embora apresentem o padrão de fraturas, bem como direção e sentido de mergulho semelhante aos filitos descritos, o ângulo de mergulho dessas rochas não alcança 20°. Os micaxistos quando afloram, ocorrem como porções xistosas que se destacam entre os filitos da região. De modo geral, são constituídos por muscovita lepidoblástica e quartzo granoblástico.

#### *4.3.1.2 Formação Pós Barreiras*

Na cidade de Marabá, as melhores exposições dessa formação ocorrem no bairro Mirante do Vale, no núcleo Cidade Nova, seguidas de exposições na Nova Marabá. Os afloramentos são principalmente do tipo corte de estrada, destacando-se os cortes na rodovia Transamazônica. A unidade é caracterizada por um solo de coloração amarela, constituído por material arenoso, por vezes, areno-argiloso, maciço, friável e bastante intemperizado contendo fragmentos de laterita retrabalhada.

#### *4.3.2 Quadro Geomorfológico*

O quadro geomorfológico apresentado no mapa de sistemas geomorfológicos (Figura 7) é relativo aos sistemas geomorfológicos e às respectivas geoformas presentes na cidade de Marabá. Para tanto, adotou-se a classificação de relevos sugerida por Latrubesse (2006) e utilizada por Felipe (2012) no levantamento do sistema de relevo da região de Marabá. Latrubesse (*op. cit.*) sistematiza o quadro geomorfológico em diversos níveis, cujo nível 1 é representado pelos sistemas denudacionais e agradacionais. Na área de estudo, ocorrem ambos os sistemas, corroborando as geoformas reconhecidas por Felipe (2012) e por Passos, Pinheiro e Hentz (2013).

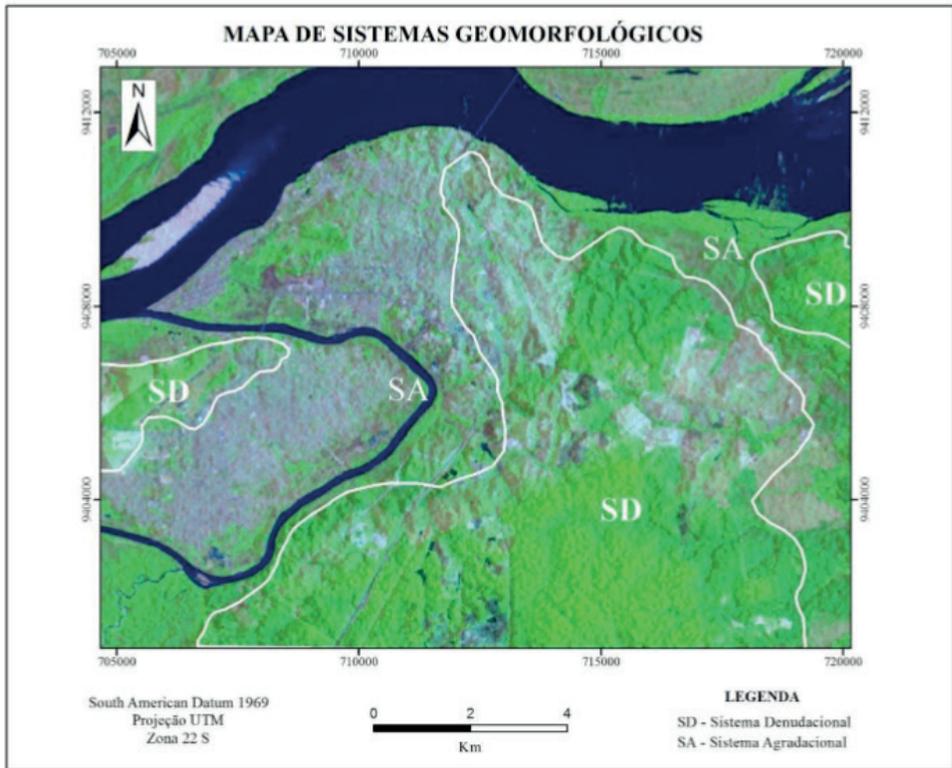


Figura 7 – Mapa de sistemas geomorfológicos

O sistema denudacional consta de cotas entre 100 e 150 metros em relação ao nível do mar e é representado por um relevo residual constituído por morros e colinas com forte controle estrutural (Figuras 8A e 8B). Estas geoformas são sustentadas por rochas da Formação Couto Magalhães, bem como são marcadas pela ocorrência ocasional de uma cobertura de solo amarelado rico em fragmentos de laterita retrabalhada correspondente à Formação Pós – Barreiras.

O sistema agradacional apresenta as cotas inferiores a 100 metros em relação ao nível do mar. De modo geral, é constituído por geoformas típicas de depósitos coluvionares e aluvionares. As principais feições são do tipo meandriformes associadas, geralmente, a planícies e bancos acrescidos pertinentes principalmente aos rios Tocantins, Itacaiúnas e Taurizinho (Figuras 8C e 8D).

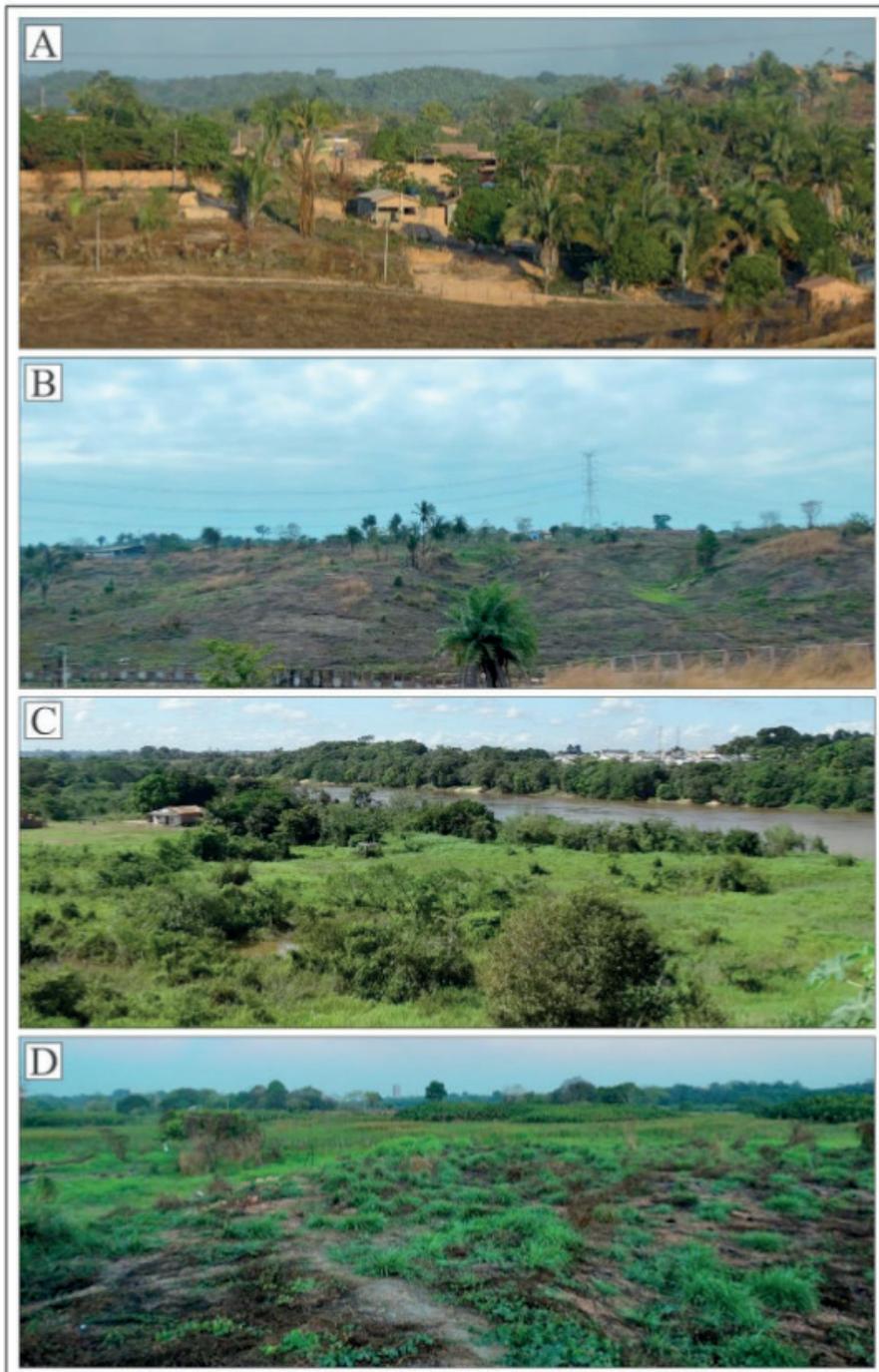


Figura 8 – Principais formas de relevo dos sistemas geomorfológicos que ocorrem na cidade de Marabá-PA. (A e B) Morros e colinas do sistema denudacional. (C e D) Planícies dos rios Itacaiúnas e Tocantins correspondendo a geformas do sistema agradacional

### 4.3.3 Quadro Estrutural

O quadro estrutural aqui abordado diz respeito, principalmente, à análise das estruturas planares de caráter rúptil, visto estas favorecerem a percolação e acumulação de água subterrânea em aquíferos fissurais. No entanto, de maneira secundária, coletaram-se atitudes de estruturas dúcteis em virtude de caracterização geológica-estrutural da área, bem como para entender a influência dessas estruturas no condicionamento estrutural e, conseqüentemente, hidrogeológico do aquífero em apreço.

#### 4.3.3.1 Tectônica Rúptil

A análise de estruturas rúpteis presentes no aquífero Couto Magalhães, na cidade de Marabá, resultou em 117 atitudes. De modo geral, são fraturas que ocorrem nas direções NW-SE, NE-SW, N-S e E-W. O diagrama de rosetas (Figura 9A) mostra a principal disposição das fraturas com mergulho vertical. Construiu-se, ainda, um estereograma para o conjunto de atitudes extraídas a partir de planos de falhas e fraturas não verticalizados (Figura 9B).

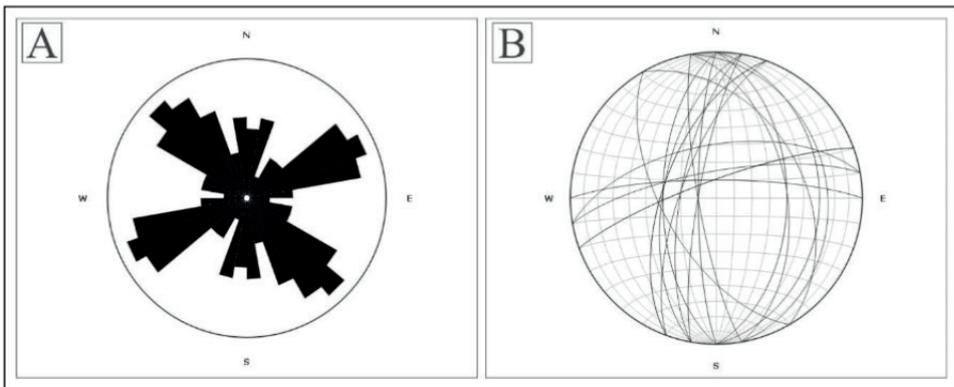


Figura 9 – Diagrama e estereograma para estruturas rúpteis da área de estudo (A) Diagrama de rosetas para fraturas. (B) Estereograma para planos de juntas e falhas.

Com base nas rosáceas, a direção mais proeminente das fraturas é a NW-SE e NE-SW seguidas das direções N-S e E-W. Essas estruturas apresentam espessuras milimétricas a centimétricas e podem ocorrer vazias, preenchidas por quartzo ou por um material silto-argiloso, por vezes, ferrificado. Além de pares conjugados (Figura 10A) é comum o registro nas rochas de um padrão anômalo de fraturamento com aspecto romboédrico (Figura 10B). As direções N-S e NNW-SSE constam de cavalgamentos com mergulhos entre 25°/E e 30°/E e ENE (Figura 10C e 10D). Falhas de rejeito direcional são observadas nas direções NW-SE e NE-SW. De modo geral, as NW-SE apresentam movimentação sinistral enquanto as NE-SW dextral (Figuras 11A a 11F). Falhas normais com mergulho 80°/350 também são observadas.

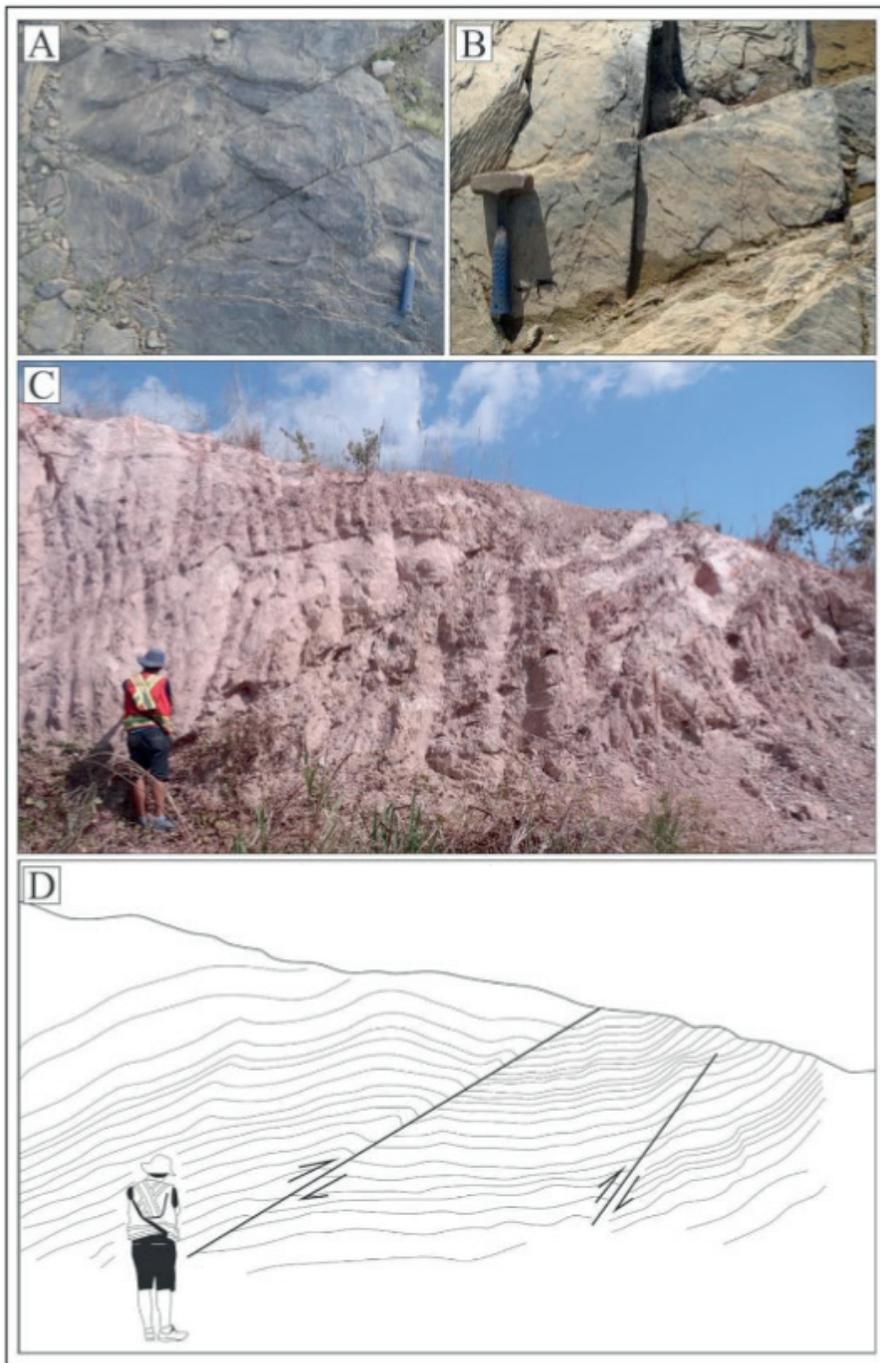


Figura 10 – Principais estruturas rúpteis registradas nas rochas da área de estudo. (A) Mosaico de fraturas em pares conjugados. (B) Padrão romboédrico formado a partir da combinação de fraturas. (C) Falha de cavalgamento com direção N-S e dobras associadas (D) Croqui ressaltando as principais feições presentes em C.

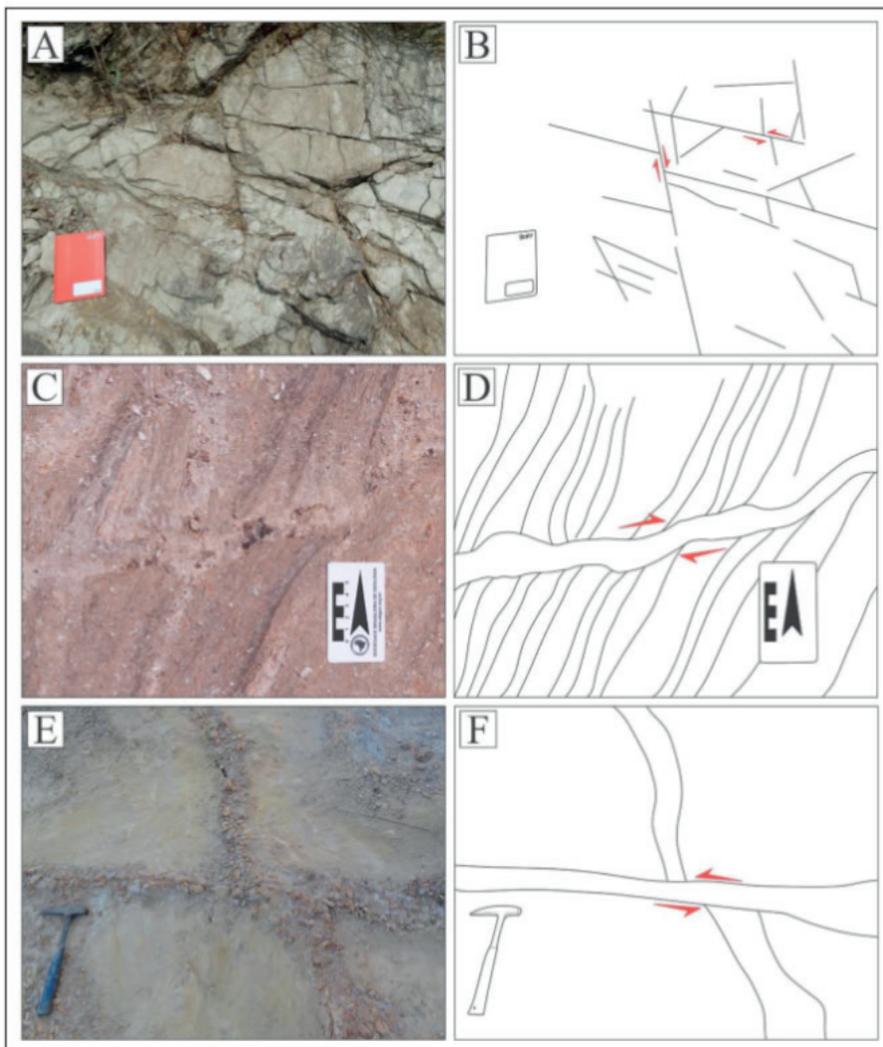


Figura 11 – Fraturas de cisalhamento. (A) Cisalhamentos formando pares conjugados com movimentação sinistral e dextral. (B) Croqui ressaltando as movimentações observadas em A. (C) Cisalhamento rúptil-dúctil de caráter dextral. (D) Croqui ressaltando as estruturas observadas em C. (E) Fraturas de cisalhamento preenchido por material argilo-arenoso ferrificado e com movimento sinistral.

#### 4.3.3.2 Tectônica Dúctil

A área é constituída, principalmente, por uma seqüência metapelítica foliada composta por filitos, ardósias e micaxistos. Dessa forma, as estruturas dúcteis predominantes são a clivagem filítica seguida da clivagem ardósiana e da xistosidade com ocorrência de clivagem de crenulação em alguns litotipos (Figuras 12A, 12B e 12C). Além da foliação, ocorre a presença de dobras (Figura 12D), por vezes, essas são associadas a falhamentos e classificadas como de arrasto.

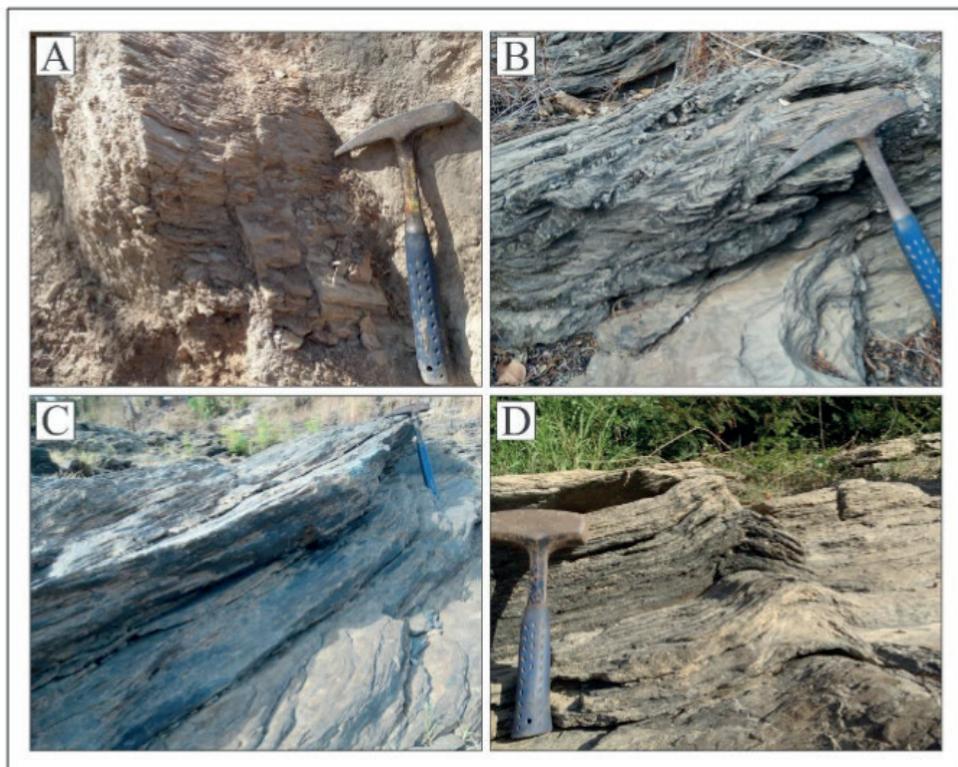


Figura 12 – Principais estruturas dúcteis presentes nas rochas da área de estudo. (A) Clivagem filítica em filitos fraturados. (B e C) Clivagem de crenulação e xistosidade em micaxisto fino. (D) Dobra em ardósias expostas às margens do rio Itacaiúnas.

A distribuição da foliação pela área mostra direções N-S, NNW-SSE e NNE-SSW com ângulos de mergulho variando entre  $15^{\circ}$  e  $60^{\circ}$  para E, ENE ou ESE (Figura 13). As dobras quando encontradas são assimétricas exibindo eixos que mergulham entre  $10$  e  $50^{\circ}$  para S ou SSE.

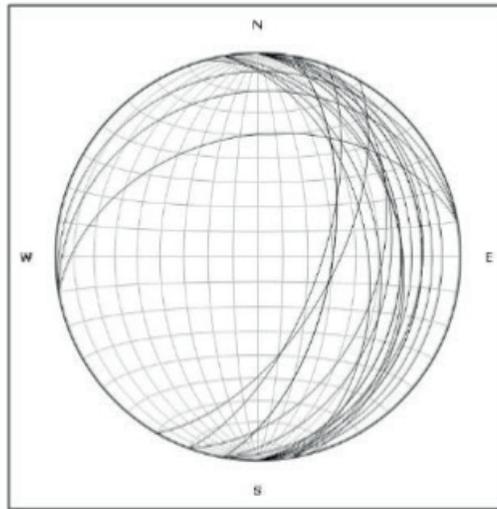


Figura 13 – Estereograma mostrando a distribuição da foliação das rochas que afloram na região de estudo. Notar o mergulho preferencial para E com leves inflexões para ENE e ESE.

#### 4.3.3.3 Análise de Riedel e Aplicação do elipsoide de McCLAY (1994)

A análise dos fotoalinhamentos, bem como da estruturação da área, possibilitou visualizar um padrão de fraturas de cisalhamento Riedel (1929) bem demonstrado por meio do elipsoide de deformação concebido por McCLAY (1994) (Figura 14). Para a análise desse padrão, considerou-se a influência de estruturas tectônicas reconhecidas no mapa geológico concebido por Almeida (2001) (ANEXO 1) e corroboradas por meio dos produtos sensores e dos dados de campo que constam neste trabalho. O elipsoide de deformação arquitetado por McCLAY (*op. cit*), além de comprovar as fraturas reconhecidas por Riedel, demonstra a ocorrência de uma série de dobras e falhas de empurrão perpendiculares ao esforço compressivo.

Na área de trabalho, os falhamentos transcorrentes de caráter sinistral e direção NW representam famílias de fraturas fechadas (R1). A partir dessas estruturas, em direção mais proeminente a N, ocorrem as direções principais de foliação, bem como de eixos de dobras e falhas de cavalgamento que corroboram a concepção de estruturas resultantes de esforços compressivos de direção E-W com leves inflexões. As famílias de fraturas ENE-WSW estão relacionadas à (R2) e aquelas com direção NE-SW à fraturas e falhas extensionais (X), ambas denotam as principais direções de desenvolvimento de falhas e fraturas abertas resultantes de esforços distensivos.

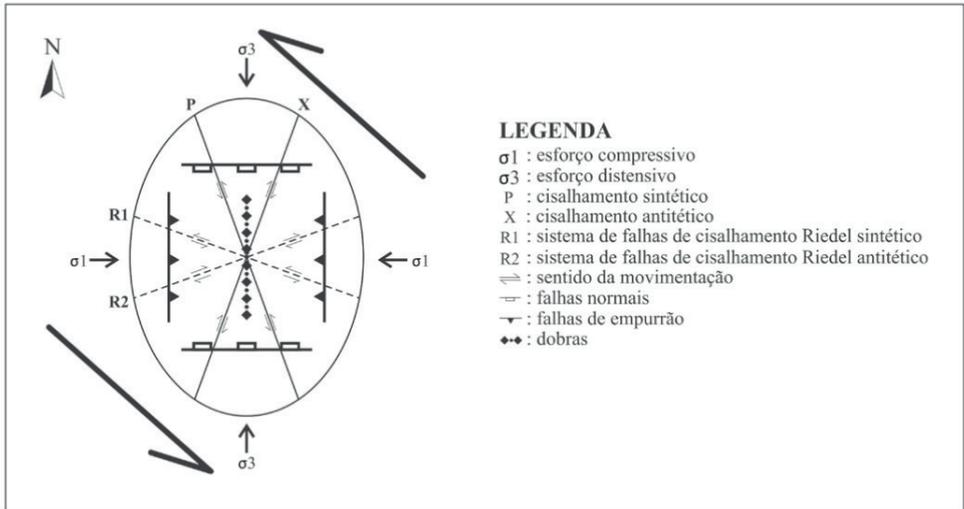


Figura 14 – Diagrama esquemático elaborado para área de estudo com ênfase na organização de fraturas de Riedel a partir do elipsoide de McClay (1994).

#### 4.3.3.3.1 Evolução das Fraturas de Riedel e Quadro Morfotectônico

A partir da análise estrutural e das estruturas reconhecidas por Almeida (2001), é possível ilustrar um quadro hipotético da evolução das fraturas de Riedel na área de trabalho e, conseqüentemente, apresentar um suposto quadro morfotectônico (Figura 15A a 15E).

As estruturas reconhecidas sugerem uma evolução de deformação progressiva para implantação das fraturas de interesse. Durante uma deformação dúctil – rúptil de caráter compressivo a compressivo – oblíquo, um esforço compressivo, essencialmente, E-W, talvez aquele reconhecido por Almeida (*op. cit.*), iria promover a origem da foliação das rochas da Formação Couto Magalhães com direção N-S, seguida do surgimento das fraturas Riedel (R1) e dobramentos associados. A progressão da deformação, ocasionaria uma série de cavalgamentos submeridianos, tais quais os reconhecidos por Almeida (*op. cit.*), e corroborados durante a etapa de campo. Após o estabelecimento das fraturas R1, fraturas P seriam formadas em virtude de variações temporais no campo de esforço. A deformação ocasionaria, ainda, o surgimento das fraturas de cisalhamento R2 e das fraturas X, assim como de falhas normais. As principais estruturas abertas condicionariam a instalação da rede de drenagem, assim como a configuração morfotectônica.

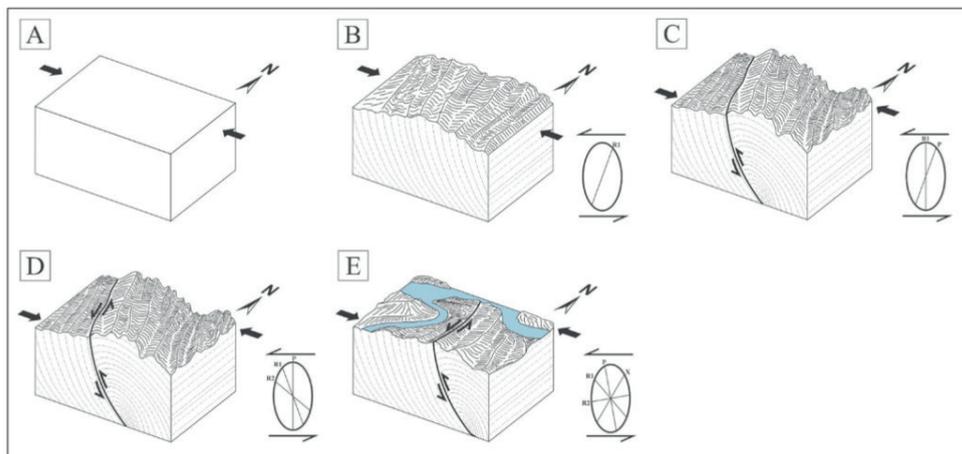


Figura 15 – Modelo morfo-tectônico hipotético com fraturas de Riedel associadas. (A) Esforço compressivo E-W. (B) Deformação e origem da foliação, bem como de R1. (C) Progressão de deformação e instalação de falhas de empurrão e dobras e fraturas P. (D) Progressão de esforços com instalação dos cavalgamentos oblíquos com cisalhamentos associados. (E) Configuração atual e distribuição das fraturas de Riedel, segundo elipsoide de McCLAY(1994).

#### 4.3.3.4 Integralização de Dados: Condicionantes e Poços Locados

Na tentativa de analisar os dados de maneira mais detalhada, vincularam-se os dados topográficos, geomorfológicos e estruturais aos dados de vazão de 20 poços apresentados por Pimentel (2013) (Quadro 2). Dessa forma, tornou-se mais fácil entender a relação das informações concebidas neste trabalho com os poços locados. Para tanto, elaboraram-se dois mosaicos de mapas sobre os quais plotaram-se os 20 poços e suas respectivas vazões.

Poço	Latitude	Longitude	Vazão m <sup>3</sup> /h
1	711824	9407516	3
2	709908	9409892	3
3	709488	9410172	2
4	715039	9406734	7
5	715374	9406996	6
6	709488	9409823	10
7	713041	9408557	12
8	713039	9407912	11
9	710510	9408244	5
10	712586	9410527	9
11	710310	9408525	4

12	710406	9408491	4
13	711470	9408349	2
14	711661	9408276	1,5
15	712703	9408920	5
16	712786	9407158	3
17	710660	9408261	3
18	709854	9409107	4
19	710949	9410755	3
20	711921	9409933	2

Quadro 2 – Poços utilizados por Pimentel (2013) no estudo de estruturas rúpteis que influenciam o sistema aquífero no núcleo Nova Marabá. Fonte: Pimentel, 2013

O mapa de zonas homólogas de drenagem aponta a zona homóloga I como detentora dos poços mais produtivos, com vazões que alcançam até 12 m<sup>3</sup>/h (Figura 16A).

Nos mapas topográfico (Figura 16B) e geomorfológico (Figura 17A), os poços com maior produtividade estão localizados dentro do sistema denudacional, entre as cotas 110 e 130 metros. De modo geral, estas regiões fazem parte da base das vertentes das colinas e morros com forte controle estrutural. Por outro lado, a maior parte dos poços com baixa produção, localiza-se em cotas inferiores a 110 metros e encontra-se localizada na transição do sistema denudacional para o agradacional.

Em se tratando da condicionante estrutural, os poços mais produtivos estão situados próximos a um acervo de feições lineares que se interceptam formando anomalias estruturais sob a forma de romboedros, cujas principais direções de alinhamentos são NNW-SSE com leves inflexões N-S e ENE-WSW com leves inflexões E-W (Figura 17B).

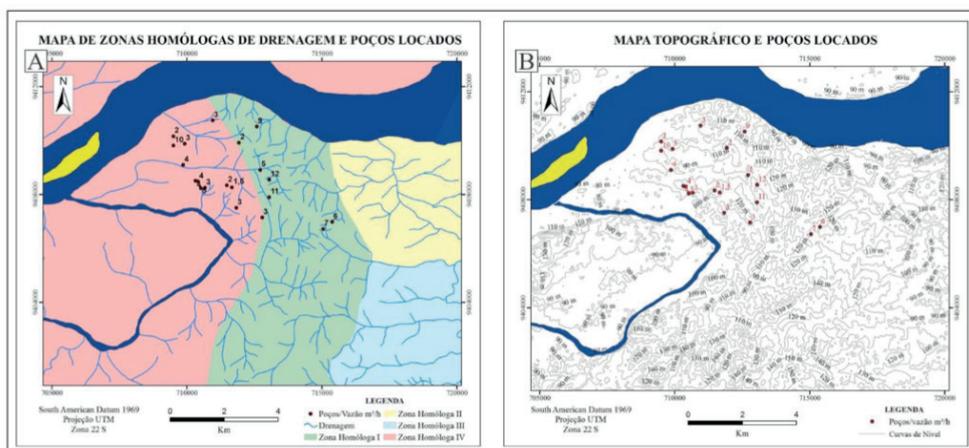


Figura 16 – Mosaico de Mapas e poços associados. (A) Mapa de zonas homólogas de drenagem e poços localizados e (B) Mapa Topográfico e poços localizados.

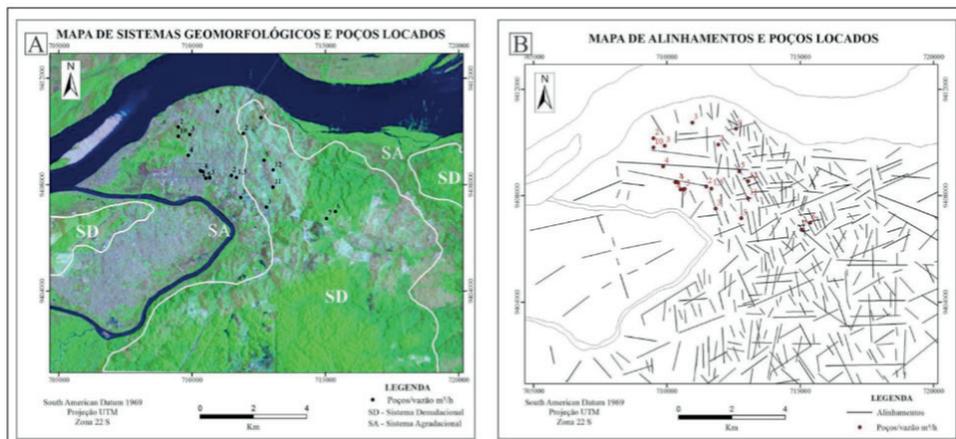


Figura 17 – Mosaico de Mapas e poços associados. (A) Mapa de sistemas geomorfológicos e poços localados. (B) Mapa de alinhamentos e poços localados.

## 5 | DISCUSSÃO SOBRE CONDICIONAMENTO HIDROGEOLÓGICO

O aquífero fissural Couto Magalhães, em Marabá, demonstra relação direta com as condicionantes geológicas, hidrográficas, geomorfológicas e estruturais presentes na área urbana da cidade.

Litologicamente, o aquífero em apreço é formado por filitos, ardósias e micaxistos. A influência da constituição litológica em meios fraturados foi alvo dos estudos realizados por Legrand (1959). No trabalho realizado, filitos e ardósias embora se tratando de rochas pouco competentes e, conseqüentemente, favoráveis a intenso fraturamento, apresentaram fraturas mais fechadas em relação às rochas com maior competência como os gnaisses e granitos, desfavorecendo, portanto, vazões elevadas. Em contrapartida, os micaxistos além da característica promissora ao fraturamento, apresentam certa permeabilidade em função da xistosidade constituindo as melhores rochas para infiltração e armazenamento de água em aquíferos cristalinos (FEITOSA et al, 2008).

Levando em consideração essas afirmações, observa-se, de modo geral, compatibilidade dos estudos realizados com a condicionante litológica presente no aquífero alvo deste estudo. No entanto, embora filitos e ardósias sejam rochas com fraturas mais fechadas e com baixa permeabilidade, não se pode descartar a diversidade dos outros fatores endógenos e exógenos que condicionam a infiltração, o fluxo e armazenamento de água no meio fissural. Enquanto Legrand (1959) descreve vazões em torno de 2.4 m<sup>3</sup>/h para filitos e ardósias em Halifax, Pimentel (2013) reconhece valores que alcançam até 12 m<sup>3</sup>/h para os mesmos litotipos presentes no aquífero Couto Magalhães na cidade de Marabá. Dessa forma, os dados abordados e interpretados nesta pesquisa, evidenciam a influência de outros fatores no condicionamento hidrogeológico do meio fraturado em Marabá.

A rede de drenagem, extraída a partir de sensores remotos e analisada por meio da metodologia adotada por Soares e Fiori (1967) e Lima (2002), consta de uma série de elementos apresentados no quadro 1 (pág-34), bem como indica que a maioria dos poços produtivos apresentado por Pimentel (2013), encontra-se localizada em uma zona homóloga caracterizada por alta densidade de drenagem e forte controle estrutural. O controle tectônico é comprovado, ainda, pelo mapa de fotoalinhamentos que se encontra densamente carregado e consta de estruturas retilíneas e curvo lineares que se interceptam formando estruturas romboédricas que são observadas em escala mesoscópica nas rochas da região. Pinheiro (2000), descreve feições semelhantes a estas em zonas de fraturamento do aquífero fissural do município de Mombaça no estado do Ceará. A autora interpreta essas linhas retilíneas de drenagem que formam um padrão anômalo romboédrico como fraturas resultantes dos esforços aplicados durante a deformação das rochas, assim como os indica como pontos potenciais para ocorrência de água subterrânea e locação de poços.

O potencial hídrico para topo, vertente e depressão em bacias hidrográficas já foi apresentado por Legrand (1959) e apresentado por Feitosa et al. (2008). De acordo com os autores, enquanto valores mais baixos de vazão são encontrados em poços locados nos topos dos morros e colinas, valores mais elevados são reconhecidos naqueles presentes nas depressões das bacias, restando, portanto, valores intermediários para poços em vertentes. No entanto, a distribuição topográfica e geomorfológica dos poços apresentados por Pimentel (2013), mostra que os poços mais produtivos do aquífero Couto Magalhães, na área em apreço, estão locados em condições topográficas entre 110 e 130 metros, mais precisamente, próximo à base das vertentes das colinas e morros das regiões mais centrais do sistema denudacional. Por outro lado, a maior parte dos poços menos produtivos, não alcançam cotas topográficas superiores a 110 metros e encontram-se localizados nas porções mais periféricas do sistema denudacional, mais especificamente, na transição para o sistema agradacional.

Baseado nessas considerações, uma das possibilidades a ser considerada para os dados de vazão de Pimentel (2013), seria uma menor quantidade de estruturas que influenciam a infiltração e armazenamento de água em direção ao sistema agradacional o que, por sua vez, é bem ilustrada no mapa de fotoalinhamentos. Dessa forma, as boas vazões seriam resultantes da recarga nas próprias fraturas abertas, bem como nas foliações das rochas, ambas interconectadas a outras fraturas e/ou falhas abertas nestas regiões, tornando assim, os poços mais eficientes sem direção ao sistema agradacional. Além disso, em direção ao sistema agradacional, as geoformas são marcadas por coberturas de material predominantemente argiloso e, conseqüentemente, com baixa permeabilidade, o que enfraquece o fluxo do fluido.

A aplicação de modelos estruturais que condicionam uma interpretação da disposição das estruturas tectônicas para o estudo de águas subterrâneas tem mostrado resultados positivos em diversos estudos hidrogeológicos (PINHEIRO, 2000; BARBOSA &

NETO, 2000).

Os dados geológicos informados, somados aos fotointerpretados e aos coletados em campo, mostram os *trends* principais da área, bem como favorecem a aplicação do elipsoide de McCLAY (1994) para análise das estruturas tectônicas que controlam o condicionamento hidrogeológico da cidade. As direções NW-SE, NNW-SSE e N-S são assinaladas por zonas de cisalhamento de carácter sinistral com falhas de cavalgamentos e dobras associadas, sendo a direção N-S o *trend* preferencial da foliação das rochas da Formação Couto Magalhães. De modo geral, essas estruturas são reconhecidas como fechadas, exceto pela foliação que embora originalmente fechada, no sentido de não permitir taxas elevadas de fluxo de fluido, pode ser aberta quando submetida à reativação, intemperismo e descompressão (FEITOSA et al.; 2008). Por outro lado, as direções ENE-WNW, NE-SW e E-W são predominantemente abertas e, portanto, favorecem a infiltração e armazenamento de água. Essa afirmação é corroborada tanto pelo posicionamento relativo às estruturas abertas - falhas normais - presentes no elipsoide de McCLAY (1994) e reconhecidas durante as expedições de campo, quanto pelos rios e afluentes mais expressivos da rede de drenagem que podem estar encaixadas em falhas geológicas com direção E-W e ENE-WSW predominantemente (pág - 33).

O modelo estrutural aplicado neste trabalho, em princípio, apontaria como melhor localização para locação de poços produtivos, o cruzamento das fraturas essencialmente abertas NE-SW, NNE-SSW e E-W. Não obstante, levando em consideração os dados obtidos das condicionantes estruturais e fotogeológicas, constata-se a grande contribuição das estruturas NNW-SSE com expressivas inflexões N-S. Estas direções, embora relacionadas a estruturas originalmente fechadas e opostas àquelas primordialmente abertas, parecem estar relacionadas a fraturas longitudinais e à direção principal da foliação das rochas da Formação Couto Magalhães, sugerindo, portanto, significativa contribuição dessas estruturas ao aquífero em apreço. Além disso, há outros fatores a serem considerados como preenchimento de fraturas por material silto-argiloso ferrificado e/ou quartzo. Esse preenchimento ocorre comumente nas fraturas das mais diversas direções e implica em uma barreira hídrica para infiltração e armazenamento de água.

Portanto, baseado nas considerações acima, descarta-se a caracterização do condicionamento hidrogeológico, do aquífero em apreço, a partir de fatores isolados, bem como também se fortalece a necessidade de confrontar diversas variáveis para determinar as localidades favoráveis à locação de poços com boa vazão. Neste aspecto, a relação das condicionantes examinadas, neste trabalho, com os poços apresentados por Pimentel (2013), mostra que embora o aquífero Couto Magalhães seja constituído essencialmente por filitos e menores proporções de ardósias e micaxistos, é possível que se encontre poços com vazões consideráveis ao meio fraturado. As análises realizadas apontam que poços mais produtivos estão situados próximo a alinhamentos de direção ENE-WSW, E-W e NNW-SSE que, ocasionalmente, interceptam-se formando romboedros. Além disso, estes

poços ocorrem em uma zona homóloga de drenagem caracterizada por alta densidade e forte estruturação. As principais formas de relevo nesta área são morros e colinas do sistema geomorfológico denudacional, cujos poços com melhor vazão ocorrem próximos à base dessas geoformas, entre as cotas de 110 e 130 metros, sendo possível que estejam explorando descontinuidades abertas interconectadas e observadas no elipsoide de McCLAY (1994).

## 6 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho analisou os principais fatores que condicionam o aquífero Couto Magalhães na cidade de Marabá, utilizando dados de hidrogeologia, fotogeologia e informações obtidas em campo, organizados em uma base cartográfica. Os fatores estudados incluíram o clima, a geologia, a hidrografia, a geomorfologia e a análise de estruturas rúpteis e dúcteis presentes nas rochas. O meio cristalino predominante é composto por filitos, seguidos de menores proporções de ardósias e micaxistos, caracterizando uma região de baixa permeabilidade, o que dificulta a infiltração e o armazenamento de água subterrânea.

A rede de drenagem da área apresenta forte controle estrutural, com alta densidade na zona homóloga I. A geomorfologia é marcada pelos sistemas agradacional e denudacional. O sistema agradacional é representado por regiões aluvionares constituídas predominantemente por pacotes espessos e extensos de material argiloso a argilo-arenoso, o que desfavorece o fluxo de água devido à baixa permeabilidade. Por outro lado, o sistema denudacional é formado por morros e colinas com forte controle estrutural.

A análise das estruturas, baseada na literatura e confirmada pelos dados de campo, mostrou que as direções E-W e NE-SW são abertas e apresentam potencial para acumulação de água. Além disso, estruturas NNW-SSE também exercem influência significativa, principalmente nos cruzamentos com as direções abertas, onde foram identificados poços com vazões expressivas.

Dessa forma, as melhores condições para locação de poços foram observadas nas zonas com alta densidade de drenagem, situadas próximas à base das geoformas do sistema denudacional, sob o controle de estruturas E-W ou ENE-WSW, cruzadas com estruturas NNW-SSE. Essas configurações estruturais formam padrões romboédricos que favorecem a infiltração e o armazenamento de água subterrânea.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H.G.; MARINHO, P.A.C.; MARTINS, R.C. Marabá Folha SB.22-X-D: estados 1518 do Pará, Maranhão e Tocantins: escala 1:250.000. Brasília: CPRM, 2001. Programa 1519 Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.

Anderson, E.M. 1942. *The Dynamics of Faulting and Dyke Formation*. London: Oliver Boyd.

BARBOSA, M.F., SILVA NETO, A.F. & SANTOS, M.J. **Aplicação de dados de baixa resolução espacial TM/LANDSAT-5, na pesquisa de águas subterrâneas na bacia do alto rio Surucu**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8,1994, Recife. Anais...Recife: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 1994, p.395-404.

BORGHETTI, N. R. B; BORGHETTI, José Roberto; DA ROSA FILHO, Ernani Francisco. **Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul**. Ed. dos Autores, 2004.

CASA DA CULTURA DE MARABÁ. Arquivo pessoal fornecido em mídia. Dados relevantes ao ano de 2009.

CONAMA. RESOLUÇÃO 396/2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

Costa, W. D. - 1985, **Avaliação dos Critérios de Locação de Poços em Rochas Cristalinas**. Anais do 1º Simpósio Nacional de Água Subterrânea em Rochas Fraturadas, Belo Horizonte.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 1996. Disponível em: <www.cprm.gov.br>.

FEITOSA, AC; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**, v. 2, p. 13-33, 2000.

FEITOSA, F. A. C. et al. **HIDROGEOLOGIA: conceitos e aplicações**. Organização e coordenação científica: 3º ed. ver. e ampl. **Rio de Janeiro: CPRM: LABHID**, v. 812, 2008.

FELIPE, L. B. **GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E MORFOTECTÔNICA DA REGIÃO DE MARABÁ – PA**. 2012. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

FOSSSEN, H. Geologia Estrutural. 2012. **Editora Oficina de Textos. São Paulo**.

LARSSON, I. Groundwater in hard rock. *In*: **GROUND WATER IN HARD ROCKS INTERNATIONAL SEMINAR**, Cagliari. **Anais...Stockholm, Sweden**, 1997, 40p.

LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia do estado de Goiás e Distrito Federal**. Secretaria de Indústria e Comércio de Goiás, 2006.

LEGRAND, H. E. **Groundwater of the Piedmont and Blue Ridge Provinces of the Southeastern States**. US Geol. Survey. Circular. 238: 11. 1967.

Lima M.I.C. **Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico**. Belém: 2002, CD-ROM

NEVES, Mirna Aparecida. **Análise integrada aplicada à exploração de água subterrânea na bacia do rio Jundiáí (SP)**. 2005.

McCLAY, K.-1994- **The mapping of geological structures**. Ed. John Wiley & Sons Ltd, Baffins Lane, 161p.

OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; CORRÊA Filho, Diogo (Coord.). **Ensaios de permeabilidade em solos: orientações para sua execução**. 3. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 1996. (Boletim, n. 4).

PASSOS, J. P.; PINHEIRO, A.V.R; HENTZ A.; **Subsídio para a elaboração de EIA/RIMA para área de extração de argila a partir da caracterização geológica na planície de inundação do rio Itacaiúnas em Marabá/PA.** 13º Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém, 2013.

PIMENTEL, E. N. **Análise das estruturas rúpteis e suas relações com a hidrogeologia do núcleo Nova Marabá, cidade de Marabá, sudeste do estado do Pará.** Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Pará, Marabá-PA. 2013.

PINHEIRO, A.V.R. **Sensoriamento remoto aplicado à hidrogeologia de meio cristalino no município de Mombaça – estado do Ceará.** Dissertação de Mestrado. Hidrogeologia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2000.

PRIMAZ. Programa de Integração Mineral em Municípios da Amazônia. Superintendência Regional de Belém. Potencialidades hidrogeológicas da área urbana de Marabá com proposta técnica para perfuração de poços tubulares para abastecimento de água subterrânea. Marabá, 1996.

REBOUÇAS, A. C. **Águas Subterrâneas.** Academia Brasileira de Ciências. São Paulo: USP. 1996.

SANTANA, A.F. **Análise geométrica e cinemática dos elementos litoestruturais das formações açuruá, tombador e caboclo na região norte de Lençóis – Chapada Diamantina – Bahia.** Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal da Bahia, Salvador- BA, 2011.

SILVA, V.G. **Diagnóstico preliminar do abastecimento de água no núcleo nova marabá na cidade de Marabá/PA – uma contribuição à gestão dos recursos hídricos.** Universidade Federal Do Pará, Centro De Geociências, Curso De Especialização Em Gestão Hídrica E Ambiental, 2008.

SIQUEIRA, L. **Contribuição da geologia à pesquisa de Água Subterrânea no Cristalino.** Sudene, Recife/PE, 51p. 1963.

SOARES, P.C.; FIORI, A.P. **Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia.** Campinas, Notícia Geomorfológica, 1976. 16 (32): 71–104.

SOUZA, S.C.R; SANTOS JÚNIOR, A.E.A. **Fácies e estratigrafia da sedimentação proximal da Formação Barreiras, sul do Sistema de Grabén do Marajó, região de Marabá.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 45º, 2010, Belém. Desenvolvimento e mudanças globais: a importância das geociências. Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 2010.

TUNDISI, José Galizia. **Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado.** Ciência e Cultura, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003.

WENDLAND, E. **Modelos Matemáticos e Métodos Numéricos em Águas Subterrâneas.** São Carlos, SP: SBMAC, 2003 xii, 95 p. - (Notas em Matemática Aplicada; 3).

**LUIS RICARDO FERNANDES DA COSTA** - Professor do Departamento de Geociências e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES. Foi Chefe do Departamento de Geociências (gestão 2023/2024) e Coordenador Didático do Curso de Licenciatura em Geografia (gestão 2021/2022). Doutor em Geografia (2017) pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, com período sanduíche na Universidade de Cabo Verde - Uni-CV. É Licenciado (2012) e Mestre (2014) em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Editor Adjunto da Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade, vinculada ao Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Montes Claros. Atualmente é Coordenador do Núcleo de Estudos Sismológicos e pesquisador do Laboratório de Geografia Física da mesma Instituição. Atua na área da geografia física com ênfase em geomorfologia, mapeamento geomorfológico e análise ambiental em áreas degradadas/desertificadas.

**A**

Abordagem 5, 9, 11, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 29, 31

Apoio pedagógico 6

Aquífero Fraturado 30

**B**

Bem-estar 5

**C**

Campus Caçapava 23, 24

Cidade 29, 31, 32, 33, 34, 39, 41, 43, 44, 52, 54, 55, 57

Couto Magalhães 29, 30, 31, 32, 34, 39, 40, 42, 44, 49, 52, 53, 54, 55

Cursos oferecidos 24

**D**

Desenvolvimento 2, 5, 12, 17, 18, 20, 24, 48, 57

Diagnóstico 1, 2, 3, 4, 7, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 57

Dificuldade 2, 3, 4, 8

**E**

Endodontia 10, 11, 15, 19, 21

**F**

Fraturas 12, 13, 14, 17, 29, 32, 34, 41, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 52, 53, 54

Futuro 24

**G**

Gênero 23, 24

Geociências 23, 24, 56, 57, 58

Geologia 23, 24, 29, 30, 35, 55, 56, 57

Geologia estrutural 29, 30, 56

GPS Garmin 32

**H**

Hidrogeologia 29, 30, 31, 32, 55, 56, 57

Homens 23

**I**

Impulsividade 1, 3, 5, 8

Insônia 5

Intervenção psicossocial 1

## L

Lesões endo-periodontais 10, 18, 19

## M

Marabá 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 39, 41, 43, 44, 51, 52, 55, 56, 57

Meninas 23, 24

## N

Neurobiologia 1, 2

Noradrenalina 3, 5

## P

Paciente 3, 4, 5, 6, 11, 15, 16, 18, 20

Patógenos 13

Periodontia 10, 11, 15, 19, 20

Polpa 10, 11, 12, 13, 16, 20

Portal Capes 10, 11

## R

Recursos Hídricos Subterrâneos 30

Regulação emocional 2, 5, 7

## S

Sensoriamento remoto 32, 35, 57

Sintomas 1, 2, 3, 4, 5, 8, 11, 17

SRTM 32

## T

TDAH 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Tomografia 10, 15, 17, 18, 20

Tratamento 1, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 33

## U

Universidade 10, 22, 23, 24, 29, 56, 57, 58

# AS GEOCIÊNCIAS

EXPLORANDO OS PROCESSOS FÍSICOS,

QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# AS GEOCIÊNCIAS

EXPLORANDO OS PROCESSOS FÍSICOS,

QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)