



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E  
GEOQUÍMICA**

---

**TESE DE DOUTORADO N° 100**

**PALEOAMBIENTE E PROVENIÊNCIA DA FORMAÇÃO  
CABEÇAS DA BACIA DO PARNAÍBA: EVIDÊNCIAS DA  
GLACIAÇÃO FAMENNIANA E IMPLICAÇÕES NA  
POTENCIALIDADE DO RESERVATÓRIO**

**Tese apresentada por:**

**ROBERTO CESAR DE MENDONÇA BARBOSA**

**Orientador: Dr. Afonso César Rodrigues Nogueira (UFPA)**

---

**BELÉM  
2014**

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)  
(Biblioteca do Instituto de Geociências/UFPA)

---

Barbosa, Roberto Cesar de Mendonça, 1981-

Paleoambiente e proveniência da Formação Cabeças da Bacia do Parnaíba : evidências da glaciação famenniana e implicações na potencialidade do reservatório / Roberto Cesar de Mendonça Barbosa. – 2014.

xxi, 124 f.: il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Afonso César Rodrigues Nogueira

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2014.

1. Geologia estratigráfica. 2. Bacias (Geologia) - Parnaíba, Rio, Bacia (PI e MA). 3. Petróleo – Geologia – Parnaíba, Rio, Bacia (PI e MA). I. Título.

CDD 22. ed. 551.7

CDD 22.ed. 551.7

---



**Universidade Federal do Pará**  
**Instituto de Geociências**  
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**PALEOAMBIENTE E PROVENIÊNCIA DA FORMAÇÃO  
CABEÇAS DA BACIA DO PARNAÍBA: EVIDÊNCIAS DA  
GLACIAÇÃO FAMENNIANA E IMPLICAÇÕES NA  
POTENCIALIDADE DO RESERVATÓRIO**

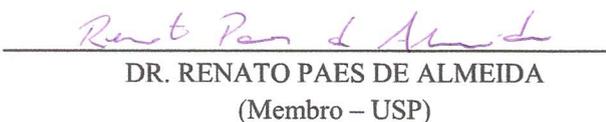
**TESE DE DOUTORADO APRESENTADA POR  
ROBERTO CESAR DE MENDONÇA BARBOSA**

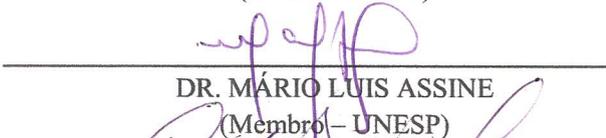
Como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor na Área de GEOLOGIA

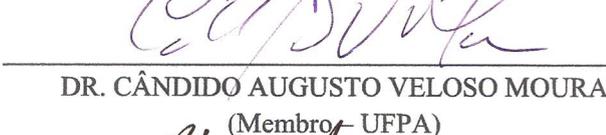
Data da Aprovação: 10/06/2014

Banca Examinadora:

  
DR. AFONSO CÉSAR RODRIGUES NOGUEIRA  
(Orientador – UFPA)

  
DR. RENATO PAES DE ALMEIDA  
(Membro – USP)

  
DR. MÁRIO LUIS ASSINE  
(Membro – UNESP)

  
DR. CÂNDIDO AUGUSTO VELOSO MOURA  
(Membro – UFPA)

  
DR. ROBERTO VIZEU LIMA PINHEIRO  
(Membro – UFPA)

Dedico esse trabalho a minha família,  
por todo apoio de hoje e sempre.

## AGRADECIMENTOS

O resultado de um trabalho acadêmico e científico muitas vezes é produto de contribuições multifacetadas. Desta forma, gostaria de externar os meus agradecimentos a todas as pessoas e instituições que foram de importância fundamental no desenvolvimento dessa tese.

Meus sinceros agradecimentos ao Programa de Geofísica e Geologia Aplicado a Caracterização de Reservatórios de Hidrocarbonetos (PRH-06 ANP) pela concessão da bolsa de estudos, ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG – UFPA) e ao Grupo de Análises de Bacias Sedimentares da Amazônia (GSED) por toda infraestrutura necessária para o desenvolvimento do trabalho.

Ao “grão-mestre varonil” Dr. Afonso Nogueira, por esses dez anos de intenso treinamento e principalmente discussões geológicas acaloradas que muitas vezes ultrapassaram a linha tênue entre amizade e trabalho. Não existe uma combinação de palavras que possa expressar toda gratidão e apreço por sua amizade. Irá chegar o dia em que o senhor irá me superar no tênis de mesa, tenha fé.

Ao Dr. Werner Truckenbrodt, o sábio orientador e pedra angular do GSED por todas as lições científicas e principalmente morais. Ao Msc. Isaac Rudynixky, meu orientador fantasma e companheiro da comunidade manaós, que sempre arranjava uma forma criativa de solucionar meus problemas. Ao Dr. Fábio Domingos pela fundamental contribuição na análise estrutural e ao Msc. Hudson Santos e Gabriel Salomão pelo auxílio na análise geocronológica. Não poderia esquecer a Srta. Cleida Freitas, a luz dos meus dias escuros na pós-graduação, por sempre estar disposta a ajudar com um sorriso os trâmites burocráticos.

Aos amigos do “grupo de finalizações de teses e afim”, em especial ao Dr. José Bandeira e Msc. Kamilla Borges que facilitaram a montagem e formatação do corpo de texto.

Agradeço também aos amigos Dra. Renata Lopes, Msc. Luiz Saturnino e Msc. Humberto Abinader, Carla Batista, Priscila Amaral e Thiago Jardim (PETROBRAS) pelo auxílio e discussões durante a etapa de campo.

Aos Dr. Joelson Soares pela duradora amizade e aos demais integrantes do GSED (mestres e futuros mestres Anderson Mendes, Francisco Abrantes, Pedro Silva, Isaac Salém, Valber Gaia, Cleber Rabelo e John Romero) por todas as valorosas discussões e aprendizados.

Em especial, agradeço a Melissa Fonseca pelo seu amor. Mesmo que tivesse em minhas mãos toda sabedoria e toda beleza dos céus nada teria sentido se não tivesse o presente mais valioso. Enfim, as pessoas que embora não citadas, contribuíram de alguma forma para a finalização dessa tese.

“...ou você é o que querem que você seja, ou  
você é o que você quer ser. O louco é aquele  
que faz o que quer fazer. Então, porque ser  
normal e a todos e a tudo nessa vida ter que se  
submeter?...”

*Fôrma – Maurício Baia*

## RESUMO

O histórico de prospecção de hidrocarbonetos da Bacia Paleozoica do Parnaíba, situada no norte-nordeste do Brasil, sempre foi considerado desfavorável quando comparado aos super-reservatórios estimados do Pré-Sal das bacias da Margem Atlântica e até mesmo interiores, como a Bacia do Solimões. No entanto, a descoberta de gás natural em depósitos da supersequência mesodevoniana-eocarbonífera do Grupo Canindé, que incluem as formações Pimenteiras, Cabeças e Longá, impulsionou novas pesquisas no intuito de refinar a caracterização paleoambiental, paleogeográfica, bem como, entender o sistema petrolífero, os possíveis *plays* e a potencialidade do reservatório Cabeças. A avaliação faciológica e estratigráfica com ênfase no registro da tectônica glacial, em combinação com a geocronologia de zircão detrítico permitiu interpretar o paleoambiente e a proveniência do reservatório Cabeças. Seis associações de fácies agrupadas em sucessões aflorantes, com espessura máxima de até 60m registram a evolução de um sistema deltaico Devoniano influenciado por processos glaciais principalmente no topo da unidade. 1) frente deltaica distal, composta por argilito maciço, conglomerado maciço, arenito com acamamento maciço, laminação plana e estratificação cruzada sigmoidal 2) frente deltaica proximal, representada pelas fácies arenito maciço, arenito com laminação plana, arenito com estratificação cruzada sigmoidal e conglomerado maciço; 3) planície deltaica, representada pelas fácies argilito laminado, arenito maciço, arenito com estratificação cruzada acanalada e conglomerado maciço; 4) shoreface glacial, composta pelas fácies arenito com marcas onduladas e arenito com estratificação cruzada *hummocky*; 5) depósitos subglaciais, que englobam as fácies diamictito maciço, diamictito com *pods* de arenito e brecha intraformacional; e 6) frente deltaica de degelo, constituída pelas fácies arenito maciço, arenito deformado, arenito com laminação plana, arenito com laminação cruzada cavalgante e arenito com estratificação cruzada sigmoidal. Durante o Fammeniano (374-359 Ma) uma frente deltaica dominada por processos fluviais progradava para NW (borda leste) e para NE (borda oeste) sobre uma plataforma influenciada por ondas de tempestade (Formação Pimenteiras). Na borda leste da bacia, o padrão de paleocorrente e o espectro de idades U-Pb em zircão detrítico indicam que o delta Cabeças foi alimentado por áreas fonte situadas a sudeste da Bacia do Parnaíba, provavelmente da Província Borborema. Grãos de zircão com idade mesoproterozóica (~ 1.039 – 1.009 Ma) e neoproterozóica (~ 654 Ma) são os mais populosos ao contrário dos grãos com idade arqueana (~ 2.508 – 2.678 Ma) e paleoproterozóica (~ 2.054 – 1.992 Ma). O grão de zircão concordante mais novo forneceu idade  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  de  $501,20 \pm 6,35$  Ma (95%

concordante) indicando idades de áreas-fonte cambrianas. As principais fontes de sedimentos do delta Cabeças na borda leste são produto de rochas do Domínio Zona Transversal e de plútons Brasileiros encontrados no embasamento a sudeste da Bacia do Parnaíba, com pequena contribuição de sedimentos oriundos de rochas do Domínio Ceará Central e da porção ocidental do Domínio Rio Grande do Norte. No Famenniano, a movimentação do supercontinente Gondwana para o polo sul culminou na implantação de condições glaciais concomitantemente com o rebaixamento do nível do mar e exposição da região costeira. O avanço das geleiras sobre o embasamento e depósitos deltaicos gerou erosão, deposição de *diamictons* com clastos exóticos e facetados, além de estruturas glacioteclônicas tais como plano de descolamento, foliação, *boudins*, dobras, duplex, falhas e fraturas que refletem um cisalhamento tangencial em regime rúptil-dúctil. O substrato apresentava-se inconsolidado e saturados em água com temperatura levemente abaixo do ponto de fusão do gelo (*permafrost* quente). Corpos podiformes de arenito imersos em corpos lenticulares de *diamicton* foram formados pela ruptura de camadas pelo cisalhamento subglacial. Lentes de conglomerados esporádicas (*dump structures*) nos depósitos de *shoreface* sugere queda de detritos ligados a *icebergs* em fases de recuo da geleira. A elevação da temperatura no final do Famenniano reflete a rotação dextral do Gondwana e migração do polo sul da porção ocidental da América do Sul e para o oeste da África. Esta nova configuração paleogeográfica posicionou a Bacia do Parnaíba em regiões subtropicais iniciando o recuo de geleiras e a influência do *rebound* isostático. O alívio de pressão é indicado pela geração de *sills* e diques clásticos, estruturas *ball-and-pillow*, rompimento de camadas e brechas. Falhas de cavalgamento associadas à diamictitos com foliação na borda oeste da bacia sugerem que as geleiras migravam para N-NE. O contínuo aumento do nível do mar relativo propiciou a instalação de sedimentação deltaica durante o degelo e posteriormente a implantação de uma plataforma transgressiva (Formação Longá). Diamictitos interdigitados com depósitos de frente deltaica na porção superior da Formação Cabeças correspondem a intervalos com baixo volume de poros e podem representar trapas estratigráficas secundárias no reservatório. As anisotropias primárias subglaciais do topo da sucessão Cabeças, em ambas as bordas da Bacia do Parnaíba, estende a influência glacial e abre uma nova perspectiva sobre a potencialidade efetiva do reservatório Cabeças do sistema petrolífero Mesodevoniano-Eocarbonífero da referida bacia.

*Palavras-Chave:* Mesodevoniano-Eocarbonífero, Bacia do Parnaíba, sistema petrolífero, Formação Cabeças, glacioteclônica.