

Programa de Pós-Graduação em Geologia
Teses Defendidas - Doutorado

Nome: Roberto Pereira

Orientador: Gerson Cardoso da Silva Júnior

Título: **Caracterização hidrológica do sistema lacustre Bonfim - RN**

Resumo:

O objetivo deste trabalho compreende o entendimento hidrológico do sistema lacustre Bonfim, com enfoque principal para a lagoa do Bonfim, maior lagoa do estado do Rio Grande do Norte (9 km²), a qual situa-se a sul de Natal, a cerca de 25 km, e fornece água atualmente (aproximadamente 200 L/s) para o sistema adutor Agreste-Trairi-Potengi, com 300 km de extensão. No horizonte do projeto, no ano 2016, deverá beneficiar uma população máxima de 220.000 pessoas, quando então a vazão será de 430 L/s. Um conjunto de poços de emergência, situados na região oeste desta, entrariam em operação em situações de seca. Estes poços drenam água de um aquífero semi-confinado, limitado ao setor oeste, e subjacente a um aquífero livre que alimenta a lagoa do Bonfim, e que ocorre de forma generalizada na área. É provável, contudo, que tal bombeamento possa levar a uma depleção das próprias reservas da lagoa do Bonfim, já que a zona de recarga provável do aquífero inferior é proveniente da própria lagoa e da sua principal área de recarga, no setor oeste. O desenvolvimento de um modelo matemático de balanço hídrico simulou o comportamento da lagoa do Bonfim, submetida a diferentes taxas de exploração e permitiu avaliar os impactos efetivos do bombeamento da adutora Agreste/Trairi sobre esta lagoa. Neste modelo foram consideradas as perdas subterrâneas da lagoa do Bonfim, não consideradas nos estudos anteriores. Os resultados mostraram que o volume de água explorado pela adutora foi responsável por 42,3% da redução do volume da lagoa do Bonfim, durante o período de bombeamento analisado. O impacto teria sido muito maior se a taxa de retirada, durante este período, fosse aquela esperada para o estágio final do projeto de captação, visto que implicaria um rebaixamento de 4,65 m do seu nível, correspondendo a um aumento de 58,7% relativo ao rebaixamento observado, o qual correspondeu a 2,93 m. Por fim, alternativas de explorações do sistema lacustre Bonfim são propostas aqui, as quais estão relacionadas principalmente com o riacho Boacica e o aquífero do setor leste, que apresentou boa capacidade de infiltração, evitando uma conexão hidráulica com a lagoa do Bonfim.

Nome: Renata da Silva Schmitt

Orientador: Rudolph Allard Johannes Trouw

Título: A orogenia búzios-um evento tectono metamórfico cambro-ordoviciano caracterizado no domínio tectônico de Cabo Frio - RJ

Resumo:

O Domínio Tectônico de Cabo Frio (DTCF), localizado na extremidade sudeste da faixa pan-africana-brasileira Ribeira, no Brasil, é limitado, a noroeste, por uma zona de empurrão de direção NE-SW que o separa do “terreno Oriental”, domínio tectônico adjacente, e, a sudeste, é coberto pelo oceano Atlântico. O DTCF é constituído por um embasamento de ortognaisses e ortoanfibolitos, com protólitos cristalizados entre 2,03 e 1,96 Ga (análises U-Pb em zircões). Este embasamento está tectonicamente intercalado com supracrustais formadas por duas sucessões Búzios (metapelitos aluminosos, rochas calcissilicáticas e anfibolitos) e Palmital (metassedimentos quartzo-feldspáticos com metapelitos subordinados). Estas sucessões foram depositadas em um ambiente sedimentar de fundo oceânico durante o Neoproterozóico, intervalo de tempo indicado por idades-modelo TDM entre 1,7 e 1,0 Ga. Durante o Cambriano, estas unidades litoestratigráficas foram submetidas a um evento tectono-metamórfico de alto grau. O pico metamórfico, determinado através das associações minerais de Ky+Kfs nos metapelitos e Cpx+Grt+Qz nos anfibolitos, ocorreu a pressões mínimas de 9 Kbar e temperaturas acima de 780oC. Este metamorfismo, na zona de transição entre as fácies anfibolito e granulito, gerou migmatitos com a fusão parcial de todas as unidades. O pico metamórfico foi contemporâneo a uma tectônica de empurrão com sentido de movimento de topo para NW, determinada pela orientação das lineações minerais e de estiramento. Durante este evento de empurrão, relacionado às fases deformacionais progressivas D1 e D2, escamas de embasamento foram empurradas por sobre as supracrustais. O pico metamórfico ocorreu entre 525 e 520 Ma, determinado por análises U-Pb em zircões de leucossomas nos ortognaisses e metapelitos. Durante a fase deformacional D3, megadobras recumbentes se desenvolveram com os eixos paralelos à direção do movimento e com o crescimento de sillimanita nos seus limbros. Esta sillimanita parcialmente substituiu a cianita, marcando uma trajetória P-T-t horária para as áreas central e leste do DTCF durante a fase D3. Os indicadores cinemáticos sin-D3 mostram um sentido de movimento tectônico para NW e estão associados à zona de empurrão que coloca o DTCF sobre o “terreno Oriental”. As

análises U-Pb em monazitas e titanitas, dos metapelitos e anfibolitos, forneceram uma idade de 510 Ma, provavelmente relacionada à D3. A partir do Cambriano Superior, ambos domínios tectônicos mostram uma evolução tectônica similar, como consequência da sua junção, pelo menos na parte oeste do DTCF. Esta área foi afetada por uma zona de cisalhamento transcorrente dextrógiro, que desenvolveu uma lineação de estiramento NE-SW relacionada à D5, ainda sob condições de fácies anfibolito. Esta fase é registrada por idades U-Pb mais jovens de 500 a 490 Ma, obtidas em monazitas e zircões de metassedimentos dentro desta zona de cisalhamento. Neste estágio, a porção central e leste do DTCF já estava esfriando a uma taxa de 10°C/Ma. Este resfriamento relativamente rápido permitiu que as associações minerais de altas e médias pressões fossem preservadas e não obliteradas durante a exumação deste orógeno colisional. Depois de 480 Ma, a taxa de esfriamento diminuiu para 5°C/Ma. Esta foi uma orogenia colisional, bem definida no Cambriano e Ordoviciano, e aqui denominada Orogenia Búzios, o evento tectono-metamórfico mais novo registrado nas faixas móveis brasileiras no Brasil. Esta orogenia é contemporânea a algumas orogenias marginais do Gondwana (ex. Pampeana e Ross) que provavelmente acompanharam os ajustes finais dos paleocontinentes pré-cambrianos para completar a formação do Gondwana no Ordoviciano. Hoje o DTCF está localizado na região costeira do Brasil, assim como a Faixa Kaoko no oeste da África, sugerindo que a última sutura pan-africana-brasileira foi o locus do evento de rifteamento mesozóico que gerou o oceano Atlântico Sul.

Nome: Wagner Souza Lima

Orientador: Peter Bengtson

Título: Macrofaunas campanianas e ambientes deposicionais da formação calumbi, bacia de Sergipe-Alagoas, Brasil

Resumo:

A Bacia de Sergipe-Alagoas, situada na costa leste do nordeste do Brasil, constitui uma das várias bacias geradas pela abertura do Atlântico Sul durante o Mesozóico. As seqüências francamente marinhas distribuem-se em superfície do Aptiano superior até provavelmente o Maastrichtiano inferior, sendo representada pelas formações Riachuelo, Cotinguiba e Calumbi. A Formação Calumbi representa o último grande evento transgressivo ocorrido nesta bacia. Neste evento transgressivo, de idade pós-coniaciana, foi depositada uma seqüência de argilas e margens discordantemente sobre a

rampa carbonática da Formação Cotinguiba, de idade cenomaniana a eoconiaciana. Ao contrário das seqüências marinhas mais antigas, os afloramentos da Formação Calumbi são escassos e mal preservados, normalmente cobertos por sedimentos pliocênicos ou depósitos recentes, impedindo um zoneamento bioestratigráfico detalhado. Embora nem todos os afloramentos sejam fossilíferos, em alguns deles foi coletada uma fauna muito rica e variada, porém nem sempre bem preservada. Neste trabalho foi descrita parte da macrofauna e reconstituída a sucessão estratigráfica das exposições estudadas.

Duas seqüências deposicionais foram individualizadas: uma basal (TMB), associada a progradação de um trato de mar baixo, e outra superior (TT), referente à instalação de um trato transgressivo. A maior parte da macrofauna estudada provém da seqüência basal, depositada em ambientes marinhos progressivamente mais rasos. As evidências bioestratigráficas e litoestratigráficas indicam que as seqüências expostas são principalmente do Campaniano superior.

Nome: Maria Lourdes Souza Fernandes

Orientador: Cristina Maria Wiedemann

Título: **O granito borrachudos entre Guanhões e Dores de Guanhões, MG (plutonito morro do urubu): gênese e evolução**

Resumo:

O Plutonito Morro do Urubu é um corpo granítico que integra a Suíte Borrachudos e aflora na região entre Guanhões e Dores de Guanhões, MG. Os granitos Borrachudos posicionaram-se em ambiente distensivo, liado à abertura do rift Espinhaço e têm sua origem relacionada à fusão parcial da costa metaígneia, induzida pela colocação de magma gabrótico em sua base. A idade de cristalização dos granitos Morro do Urubu é de 1770 ± 30 Ma (U-Pb em zircões, intercepto superior). As idades de 620 Ma (U-Pb em zircões, intercepto inferior) e 507 Ma (titanitas) indicam que eles foram afetados pelo Orogenia Brasileira, responsável pela gnaissificação e migmatização incipiente dos mesmos. Eles podem ser descritos como uma rocha de coloração rosa a cinza, de grão médio e cuja feição mais marcante é dada pela foliação e lineação mineral do tipo down dip, caracterizada pela disposição dos minerais máficos segundo níveis centimétricos descontínuos. Bolsões quartzo-feldspáticos comumente posicionados e estirados principalmente segundo a foliação evidenciam o processo de fusão parcial. Três fácies foram distinguidas: granito a anfibólio (hastingsita) \pm clinopiroxênio (hedenbergita); granito a anfibólio e biotita (annita) e granito a biotita. Microclina (Or99-84Ab16-

01An00), comumente mesopertítica, é o mineral dominante, seguida de quartzo, plagioclásio (Ab99-84An14-01Or03-00) e fases máficas. Acessoriamente, distinguem-se titanita, zircão, apatita, allanita, fluorita, magnetita e ilmenita. Eles apresentam características de granitos do tipo-A, como: elevados valores para o conteúdo de sílica (77,90 a 69,30%), total de álcalis (9,86 a 7,43%) e razão $FeOTot/FeOTot+MgO$ (0,99 a 0,92); comportamento incompatível o Rb, Nb, Th, U, Pb, Sn, W e ETR, exceto európio, associados ao caráter metaluminoso e subalcalino. A distribuição dos elementos traços traduz evolução por diferenciação magmática, influenciada pela maior importância da cristalização do plagioclásio e, em parte, também do clinopiroxênio nas rochas menos diferenciadas e do feldspato potássico nos termos mais evoluídos. Os padrões de distribuição dos elementos terras raras refletem o fracionamento da titanita e zircão ligados ao início da cristalização magmática e da allanita, aos estágios tardios. As temperaturas calculadas de cristalização do zircão e apatita estão entre 860 e 750°C, sendo que o início da cristalização se deu sob condições de fugacidade de oxigênio análogas às do tampão TMQHdII e sob baixa pressão d'água. A cristalização evoluiu em ambiente caracterizado por condições mais redutoras e sob maior pressão d'água, como sinalizado pela cristalização tardia de ilmenita e de fases hidratadas. Localmente, a leste de Guanhões, observa-se a passagem gradativa dos granitos Morro do Urubu para rochas cristalinas esverdeadas, tendo-se identificado cinco estágios de transformações mineralógicas (I a V), caracterizados por um gradiente térmico crescente, pela diminuição das proporções modais de microclina e quartzo; aumento das de plagioclásio e anfibólio; surgimento da granada ainda nos estágios precoces, acompanhada pelo colapso da biotita e; no estágio tardio, pela cristalização de clinopiroxênio a partir do anfibólio. As mudanças na composição do plagioclásio e o aumento na proporção modal do anfibólio refletem adição de Ca e Fe ao protólito, em um padrão similar ao de endoskarns.

Nome: Atlas Vasconcelos Corrêa Neto

Orientador: Henrique Dayan

Título: **Análise estrutural nos setores sul e sudeste do sistema de cisalhamento Fundão-Cambotas, quadrilátero ferrífero, Brasil**

Resumo:

O Sistema de Cisalhamento Fundão-Cambotas formou-se em rochas pertencentes ao Greenstone Belt Rio das Velhas (Arqueano) e ao Sgp. Minas (metassedimentos Eoproterozóicos). O Greenstone Belt Rio das Velhas possui um conjunto de estruturas

inexistente no Sgp. Minas, anteriores à formação do Sistema de Cisalhamento Fundão-Cambotas. Os sedimentos da Fm. Casa Forte (parte da seqüência greenstone) são interpretados como depósitos molassóides, relacionados ao evento deformacional Arqueano exclusivo do greenstone. O setor sul-sudeste do Sistema de Cisalhamento Fundão-Cambotas é um domínio de rampa oblíqua, e o setor norte, um domínio de rampa frontal. Em ambos os domínios, duas gerações de falhas de empurrão foram definidas, a primeira composta por zonas de cisalhamento que exibem forte controle reológico, tangenciais ao acamadamento sedimentar, e a Segunda por falhas com ângulo de mergulho mais elevado. Ambas as gerações compartilham a cinemática (movimentação de E para W) e associações minerais (sericita + pirofilita + cianita + clorita ± cloritóide). Estruturas de inversão de bacia (relacionadas à Segunda geração de empurrões) foram encontradas em metassedimentos Eoproterozóicos nos Sinclinais Gandarela e Ouro Fino. Análises de deformação demonstraram que, no domínio de rampa frontal há uma maior dispersão na orientação dos eixos X dos elipsóides que no domínio de rampa oblíqua. A deformação no domínio de rampa oblíqua é maior e o eixo principal menor Z tende a apresentar direções ortogonais ao contato do Complexo Bação com as supracrustais. Dados de petrotrama de eixos-c de quartzo mostram que a deformação foi caracterizada pela coexistência de componentes de encurtamento e rotacional associados. Análises de paleostress forneceram valores médios de 25,6 Mpa (equação de Mercier) e 46,8 Mpa (equação de Twiss). Sugere-se que lascas de empurrão da primeira geração tenham sofrido rotações ao longo de eixos verticais (horária no setor norte e anti-horária no sul). As rotações podem ter sido induzidas quando lascas de empurrão (com direção inicial N-S) tiveram seu avanço parcialmente bloqueado por altos do embasamento com direções NE e NW. A deformação foi então fracionada em zonas de movimentação oblíqua ou transcorrente próximas à esses obstáculos. A geometria atual do Sistema de Cisalhamento Fundão-Cambotas é resultado da sobreposição e obliteração de tramas pretéritas, interação entre lascas de empurrão e altos estruturais e reativações sucessivas de descontinuidades antigas. Propõe-se que o primeiro evento tectônico, a afetar as unidades supracrustais, foi um episódio contraccional Arqueano (entre 2,7 e 2,6 Ga), exclusivo do greenstone. O segundo evento, a aproximadamente 2,1 Ga, foi o Transamazônico. Nessa época o Quadrilátero Ferrífero era uma província extensional, situada à margem de um cinturão móvel. Em resposta à extensão, ocorreu a ascensão de domos granito-gnáissicos. Esses domos serviram como obstáculos para o avanço de frentes de empurrão geradas por encurtamento crustal posterior. Pode ter ocorrido um único evento contraccional, durante o Brasileiro, ou dois eventos distintos de encurta-

mento crustal (um Transamazônico pós-extensão e um outro final, Brasileiro). Adota-se, aqui a Segunda hipótese.

Nome: Vera Maria Medina da Fonseca

Orientador: Antonio Carlos Sequeira Fernandes

Título: **Brachiopoda (strophomenoidea, chonetoidea e delthyridoidea) do devoniano médio das bacias do Amazonas e Parnaíba**

Resumo:

Durante as expedições Morgan (1870-1871) foram coletados na Bacia do Amazonas os primeiros braquiópodes devonianos do Brasil, descritos por Richard Rathbun em 1874. A idade devoniana da fauna de invertebrados marinhos da Bacia do Parnaíba, no entanto, só foi reconhecida bem mais tarde nas décadas de 40 e 50 do século XX, e as descrições dos braquiópodes dessa região nunca foram publicadas. Coletas recentes, realizadas de 1985 a 1991, e o acesso às séries-tipo dos taxa identificados na Bacia do Amazonas, permitiram a revisão da classificação sistemática dos Strophomenoidea (“estrofodontóides”), Chonetoidea e Delthyridoidea mesodevonianos das duas bacias sedimentares. O estudo do material da Bacia do Amazonas revelou a existência, na coleção de paleoinvertebrados do Museu Nacional, de exemplares das séries-tipo de Braquiópodes coletados pelas expedições Morgan e da Comissão Geológica do Império durante o Século XIX. Entre eles foram designados lectótipos e paralectótipos de algumas espécies descritas por Rathbun em 1874 e 1879. Os seguintes taxa foram revisados e descritos dos arenitos da Formação Maecuru *Protoleptostrophia* sp., *Megastrophia* (*Megastrophia*) sp., Gen. nov. *A. Hoeferi* (Katzer) (anteriormente referida à espécie *Strophomena hoeferi* Katzer), *Montsenetes* sp. Nov. A, “Chonetes” *freitasi* Rathbun, *Patriaspirifer* cf. *P. duodenarius* (Hall) e *Mucrospirifer katzeri* (Clarke) comb. nov.. Entre esses, a espécie “Chonetes” *freitasi* provavelmente pertence a um novo gênero ainda não definido devido a sua preservação peculiar, o gênero *Montsenetes* ocorre também no Eifeliano-Givetiano dos Estados Unidos (Apalaches), na Venezuela, Bolívia e no sul do Saara; *Patriaspirifer* foi identificados no Eodevonianiano do Canadá, Estados Unidos e Venezuela, mas atinge o Mesodevonianiano no Grupo Hamilton (estado de New York). Os sedimentos da Formação Ererê forneceram três espécies de Chonetoidea: *Pleurochonetes comstocki* (Rathbun) comb. nov., “Chonetes” *herbertsmithi* Rathbun e “Chonetes” *onettianus* (Rathbun), além do Delthyridoidea *Mucrospirifer pedroanus* (Rathbun). A tafofauna devoniana da Bacia

do Parnaíba é pouco diversificada, mas algumas de suas espécies ocorrem em grande abundância. A única forma registrada nas camadas de arenitos da Formação Pimenteira expostas na borda leste da Bacia do Parnaíba, foi *Montsenetes* cf. *M. boliviensis* Racheboeuf, *Chonetoidea* provavelmente conoespecífico com uma espécie do Altiplano boliviano de idade neoeifeliana-eogivetiana. O fóssil mais abundante da Formação Cabeças é *Pleurochonetes comstocki* (Rathbun), espécie descrita originalmente na Formação Ererê. Os espécimens da Bacia do Parnaíba permitiram uma redescrição adequada desse taxon, reforçando as informações prévias de identidade faunística entre as duas formações. O gênero malvinocáfrico *Pleurochonetes*, presente no Emsiano-Eifeliano da Bolívia, Argentina, África do sul e na Bacia do Paraná (Brasil), parece também estar presente em sedimentos eodevonianos do maciço Armoricano, na França. A única espécie de *Delthyridoidea* coletada até o presente na Formação Cabeças, foi referida duvidosamente à *Mucrospirifer pedroanus* devido a sua preservação não permitir uma classificação mais precisa. Todos os gêneros estudados possuem amplitude geocronológica eodevoniana-mesodevoniana, corroborando a idade inferida por datações palinológicas recentes para o Membro Lontra da Formação Maecuru (topo do Emsiano-Eifeliano) e para a Formação Ererê (neoeifeliano-eogivetiano). *Montsenetes* cf. *M. boliviensis* e *Pleurochonetes comstocki*, espécies identificadas respectivamente em afloramentos da Formação Pimenteira e na base da Formação Cabeças, sugerem idade mesodevoniana para as camadas portadoras desses fósseis na borda leste da Bacia do Parnaíba. A comparação dos gêneros de braquiópodes do Norte e Nordeste do Brasil com as ocorrências dos mesmos taxa nos domínios das Américas Orientais, Velho Mundo e Malvinocáfrico, confirma a sugestão presente na literatura de que os limites dessas unidades paleobiogeográficas atenuaram-se durante o Mesodevoniano, tendo sido cruzados por diferentes taxa.

Nome: Lucia Duarte Dillon

Orientador: Eurípedes do Amaral Vargas Júnior

Título: **A contribuição da informação elástica na otimização do processo de caracterização de reservatórios**

Resumo:

Substanciais avanços tecnológicos na área de aquisição, no processamento, assim como nas técnicas de inversão do dado sísmico, têm possibilitado que a extração de atributos sísmicos não apenas acústicos, mas também elásticos, venha se tornando um processo cada vez mais rotineiro. É justamente neste cenário que se torna impera-

tivo para o sucesso do processo de interpretação sísmica, seja no enfoque exploratório ou de reservatório, o correto estabelecimento e entendimento do significado físico embutido nas correlações entre as propriedades elásticas das rochas e atributos sísmicos. Dentro deste enfoque, à luz dos conceitos de Física de Rochas, este trabalho de doutorado objetivou o estudo de diversos aspectos referentes à utilização de atributos sísmicos elásticos de forma a melhor contribuir no processo de caracterização de reservatórios. Em especial, enfocou-se: (a) a otimização na utilização de atributos elásticos, e suas combinações, enquanto indicadores simultâneos de fluidos e litologias, (b) a proposição e aplicação de metodologia para calibração rocha-perfil-sísmica e (c) avaliação de incertezas e limitações embutidas nos processos analisados. Neste contexto, analisou-se os pontos fortes e fracos de diversas metodologias que têm sido usadas na obtenção da impedância elástica (IE). Com base nesta análise, uma nova proposta metodológica para a obtenção de IE, é apresentada. Investigou-se também, a partir da informação de trezentas amostras de rochas que tiveram suas propriedades elásticas obtidas em laboratório, o significado físico e a eficácia dos diversos atributos analisados e suas combinações, enquanto discriminadores de litologias e fluidos. Fica claro, ao final desta análise, que determinadas propriedades petrofísicas de um reservatório não distinguíveis por um determinado par de atributos, podem se tornar perfeitamente evidentes se uma outra escolha adequada e otimizada de atributos for realizada. Por outro lado, em função dos atributos sísmicos estarem sempre influenciados por mais de uma propriedade petrofísica da rocha simultaneamente, o adensamento da informação disponível, através da combinação de dois ou mais atributos elásticos é sempre fortemente indicado. A partir dos princípios teóricos assumidos na técnica AVO pós-empilhamento parcial, propõe-se a obtenção expedita de uma outra família de atributos elásticos, ao mesmo tempo em que se analisa o impacto dos erros envolvidos nas aproximações assumidas. Em especial, define-se um novo atributo, “o pseudofator de fluido” e mostra-se a sua proporcionalidade e relação à razão $(V_s/V_p)^2$ das camadas analisadas. Provou-se a eficiência do processo de extração e calibração desta nova família de atributos elásticos, em especial do pseudofator de fluido, através da aplicação direta a dados reais, referentes a um reservatório produtor. Neste enfoque, realizou-se o ciclo completo de calibrações rocha-perfil-sísmica. Os resultados finais desta calibração, balizados em função dos poços já existentes na área, mostraram que os mapas de atributos gerados, identificaram corretamente as três condicionantes investigadas: (a) não reservatório (“background”), (b) arenito com gás e (c) arenito com óleo. Desta forma, comprovou-se a eficácia do atributo pseudofator de fluido, enquanto discriminador

de fluidos, assim como da metodologia e procedimentos relativos ao processo de calibração rocha-perfil-sísmica utilizado e aplicado ao exemplo real do reservatório estudado.

Nome: Sérgio Luiz Abreu de Souza

Orientador: Claudio Gerheim Porto

Título: **Distribuição do ouro no perfil laterítico do depósito Piaba, Aurizona, Estado do Maranhão, Brasil**

Resumo:

O depósito aurífero Piaba, localizado em Aurizona, estado do Maranhão, foi estudado, neste trabalho, visando esclarecer o comportamento e a distribuição geoquímica do ouro no perfil laterítico. A área situa-se no Cráton São Luís cuja geologia na região do Gurupi é formada pelo Complexo ou Associação Metamórfica Maracaçumé, de idade Arqueana, constituído por gnaisses e migmatitos bordejados por faixas móveis representadas pelos xistos da Formação Santa Luzia de provável idade Transamazônica e pelos metamorfitos da Formação Gurupi. Na Formação Tromai inclui-se o magmatismo vulcano-plutônico. A geologia na área de estudo é representada por rochas vulcano-sedimentares Arqueanas/Paleo-Proterozóicas intrudidas e parcialmente assimiladas por granófiros, tendo composição tonalítica-granodiorítica. O conjunto de rochas mostra zonas de cisalhamento com alteração hidrotermal, envolvendo cloritização e seritização com enriquecimento em grafita, sulfetos (pirita), carbonatização (ankerita e calcita) e silicificação às quais está associada a mineralização aurífera. O depósito Piaba tem um perfil laterítico “sensu stricto” com variações, segundo o nível amostrado, para laterítico silicoso, laterítico caulínítico ou até ferruginoso. É constituído da base para o topo em: saprolito, zona mosqueada -dividida em domínio caulínítico e domínio ferruginoso - horizonte ferruginoso, crosta ferruginosa degradada e colúvio. A caulinita e o quartzo são os minerais mais abundantes seguidos da hematita e goethita. O rutilo e a ilmenita foram identificados em pequenas quantidades ao longo do perfil. O SiO₂, o Al₂O₃ e o Fe₂O₃ são os elementos mais abundantes do perfil laterítico. Observa-se uma crescente ferruginização e progressivo empobrecimento em sílica do saprolito ao colúvio. Já os teores de Al₂O₃ permanecem aproximadamente constantes ao longo do perfil. Os alcalinos e alcalinos terrosos apresentam teores mais elevados nos horizontes inferiores em relação à crosta e ao colúvio, embora com MgO a tendência decrescente em direção à superfície seja menos pronunciada. O TiO₂ tem seus menores valores nos níveis superiores ao contrário do P₂O₅ com teores bem mais elevados a partir do horizonte ferruginoso. A presença predominante do quartzo no saprolito e a regularidade da muscovita ao longo do perfil de alteração se traduz no comportamento da sílica e alumina. O ferro tem seus teores elevados a partir da zona mosqueada ferruginosa, o que se correlaciona com o aumento da concentração da hematita e goethita. A evolução

do perfil laterítico apresenta os seguintes passos: 1] Saprolitização do granófiro com dissolução parcial dos minerais primários. 2] Percolação lateral e vertical da água, levando à formação de pontos ferruginosos e nódulos circundados por manchas caulíníticas, originando a Zona Mosqueada. 3] Individualização progressiva dos nódulos em direção ao topo, separando assim, na Zona Mosqueada, porções caulíníticas e ferruginosas. 4] Formação de Crosta laterítica no topo a partir da coalescência dos nódulos ferruginosos e lixiviação da matriz caulínítica. 5] Formação de Horizonte Ferruginoso concomitante à degradação da crosta. 6] Homogeneização progressiva ascendente do perfil com o espessamento do Horizonte Ferruginoso, posicionando-se em nível inferior à crosta degradada. 7] Formação do solo Elúvio/Coluvionar. Piaba se enquadra nos depósitos supergênicos lateríticos de ouro, cuja evolução está associada ao desenvolvimento de perfis lateríticos em ambientes tropicais. A mineralização característica de tais depósitos tem a forma sub-horizontal ou de cogumelo e é formada por ouro predominantemente residual, grosso ou não. A análise química e morfológica dos grãos de ouro do depósito Piaba indica que a maioria dos grãos coletados, em todos os horizontes do perfil, está contido nas frações acima de 270#. No depósito Piaba a análise morfológica dos grãos indicou que houve dissolução parcial do ouro, como mostram as cavidades encontradas na sua superfície, mas não o suficiente para solubilizar e remobilizar totalmente os grãos grossos. Parte do ouro dissolvido da superfície destes grãos, não carregado pelas soluções para fora do depósito, foi adsorvido aos óxidos de ferro. O ouro do depósito Piaba é, predominantemente residual, disperso mecanicamente a partir dos veios de quartzo, principalmente os inseridos no saprolito cinza, rico em grafita. Devido à sua granulometria, essencialmente grossa (>53 mm) os grãos livres não foram totalmente dissolvidos pelas soluções percolantes e o ouro parcialmente lixiviado da superfície dos grãos foi reprecipitado aleatoriamente como ouro livre em forma de pepitas junto à superfície na zona colúvio/eluvionar ou crosta degradada, como grãos submicroscópicos nas frações abaixo de 270# ou adsorvido aos óxidos de ferro.

Nome: Euzébio José Gil

Orientador: Eurípedes do Amaral Vargas Júnior

Título: **Aqüífero termal de Caldas Novas - GO**

Resumo:

Os objetivos do presente trabalho foram apresentar um modelo hidrogeológico do aquífero termal de Caldas Novas e verificar eventuais interferências da criação do reservatório de Corumbá com os aquíferos freático e termal. Outra contribuição importante foi descobrir a interferência do bombeamento das águas termais de Caldas Novas

com o nível d'água do topo da serra de Caldas e consequente relação das vazões das nascentes termais da Pousada do Rio Quente. No modelo hidrogeológico proposto, as águas precipitadas no alto da serra de Caldas se infiltram através da espessa camada de solo se transferindo para os quartzitos que, confinados pelos micaxistos, ganham profundidade se aquecendo pelo grau geotérmico 1. Este modelo foi embasado nos estudos geológicos que definiram o modelo geológico-estrutural. Essas afirmações são fundamentadas também no monitoramento durante 7 anos consecutivos, entre 1994 e 2001, das áreas de descarga, das áreas potenciais de recarga e das áreas adjacentes ao reservatório de Corumbá. No modelo proposto, na localidade da Pousada, ocorre contribuição de águas da borda da serra de Caldas, pouco aquecidas (pequena circulação) que se misturam com as águas infiltrando mais no interior da serra, alcançando maiores profundidades e temperaturas que, confinadas pelos micaxistos, ascendem surgentes pelas fraturas dos quartzitos. A leste, as águas infiltradas na serra de Caldas percolam os quartzitos confinados pelos micaxistos que, em Caldas Novas, são alcançadas através de poços tubulares profundos. Os estudos desenvolvidos comprovam que a criação do reservatório de Corumbá não provocou em Caldas Novas influência dos níveis d'água dos aquíferos freático e termal, não influenciou a temperatura ou vazão dos poços termais e não afetou as vazões e temperaturas das surgências termais da Pousada do Rio Quente. Este trabalho foi desenvolvido aproveitando a grande oportunidade surgida do autor em participar dos estudos hidrogeológicos do Aquífero Termal de Caldas Novas nos últimos 20 anos.

Nome: Luzia Antonioli

Orientador: Rodolfo Dino

Título: **Estudo palino-cronoestratigráfico da formação Codó - cretáceo inferior do Nordeste Brasileiro**

Resumo:

Na Bacia do Parnaíba, área sedimentar da porção nordeste ocidental do Brasil, a Formação Codó constitui um dos mais importantes intervalos litoestratigráficos da seqüência mesozóica. Investigações palinoestratigráficas e geoquímicas efetuadas em mais de 200 amostras derivadas de afloramentos e de testemunhos provenientes de oito furos de sondagem, permitiram uma melhor definição bioestratigráfica e cronoestratigráfica desta unidade. As análises de Carbono Orgânico Total (COT) e Enxofre Total (S), propiciaram a individualização de quatro intervalos químico-estratigráficos, característicos de distintas condições paleoambientais, e a identificação do evento anóxico

global do limite Aptiano-Albiano. Do estudo sistemático da associação palinoflorística, 232 espécies foram identificadas, incluindo grãos de pólen, esporos, cistos de dinoflagelados, algas e fungos. Uma espécie nova de dinoflagelado e outra de esporo foram descritas, ilustradas e informalmente propostas. A análise quantitativa da palinoflora mostrou um predomínio de coníferas da família das cheirolepidáceas e de plantas do grupo das gnetáceas, secundadas por pteridófitas, angiospermas primitivas e cistos de dinoflagelados. Resultados da análise palinológica qualitativa permitiram o estabelecimento de cinco palinozonas informais, aplicáveis na subdivisão da Formação Codó. Estas unidades palinoestratigráficas denominadas, em ordem estratigráfica ascendente, de I a V, são correlacionáveis aos zoneamentos propostos para outras seções neo-aptianas a eoalbianas do Aptiano-Albiano, na Bacia do Parnaíba, no nível de extinção da espécie *Sergipea variverrucata*, limite superior da palinozona IV, é solidificado pela co-ocorrência, neste nível, do evento anóxico global do limite Aptiano-Albiano evidenciado pelos dados geoquímicos. Com base nos dados palinológicos e geoquímicos foram atribuídas as idades neo-aptiana e eoalbiana (=Neo-Alagoas) para os sedimentos da Formação Codó, sendo que sua maior parte (palinozonas I, II, III e IV), é de idade neo-aptiana; apenas a sua porção mais superior (palinozona V) pertence ao eoalbiano. Evidências palinológicas, sedimentológicas, geoquímicas e tectônicas indicam ambiente de deposição continental (flúvio-lacustre), na base, gradando para ambiente transicional costeiro a marinho restrito para o topo, com ingressões marinhas, sob clima árido a semi-árido, em regime tectônico relativamente estável. A aplicação da bioestratigrafia local e comparações a nível de espécie com palinofloras cronoequivariantes de outras partes do Gondwana Norte (particularmente com o Norte da África, Gabão e Egito) confirmam o enquadramento desta associação na província microflorística denominada Oeste Africano-América do Sul (West Africa - South America = WASA).

Nome: Benjamim Novais Carrasco

Orientadores: Mauro Roberto Becker e Ricardo Cunha Mattos Portella

Título: **Estudos de heterogeneidades sedimentológicas e seus impactos no comportamento de fluxo em reservatórios de petróleo**

Resumo:

O objetivo deste estudo é determinar o impacto do nível de descrição das heterogeneidades sedimentológicas e do método upscaling nos resultados de simulação de fluxo de fluido em reservatório de petróleo. Foram analisados três afloramentos de diferentes sistemas deposicionais considerados afloramentos análogos a reservatórios brasileiros, os quais são: sistema fluvial Açu, sistema eólico-fluvial Sergi e sistema de água profunda Itajaí. A partir da descrição detalhada das imagens dos afloramentos,

gerou-se modelos de simulação com malhas finas e malhas grossas. A injeção de água aconteceu num cenário em que cada litofácies se associou a diferentes permeabilidades relativas e diferentes pressões capilares. As propriedades de óleo foram utilizadas dos campos petrolíferos correspondentes a cada ambiente deposicional relacionados. Os resultados da simulação fina do modelo básico foram considerados como o padrão, para os quais foram comparados com os modelos mais simplificados gerados. Estes modelos de simulação foram construídos seguindo três vertentes: facies-scaling (malha fina), híbrida e upscaling (malhas grossas). Na vertente facies-scaling, a descrição geológica do afloramento é simplificada substituindo a litofácies menos abundante pela mais localmente abundante, porém mantendo a mesma malha fina e mesmo número de blocos do modelo fino original. Na híbrida, os modelos simulados se utilizam as médias dos dados petrofísicos, extraídos a partir do modelo geológico padrão e são ajustados aos melhores modelos em facies-scaling e aos modelos homogêneos. Para o upscaling convencional, malhas grossas foram geradas baseadas na média das propriedades da malha fina. O reescalamento das malhas (upscaling) foi feito considerando somente a permeabilidade e a porosidade absoluta, onde as malhas mais grossas da seqüência assumiram uma aparência de imagens desfocadas. O estudo mostra os resultados dos modelos em malha fina (facies-scaling) e malhas grossas (upscaling) comparando com os modelos básicos mapeados a partir dos afloramentos e ainda, aponta critérios para examinar tais modelos objetivando capturar aquele que melhor responde os atributos de reservatório. Enfim, o comportamento do fluxo nos três sistemas analisados evidenciaram o impacto importante dos atributos de reservatórios, principalmente na recuperação de óleo, como consequência dos processos de simplificações em facies-scaling e upscaling.

Nome: André Calixto Vieira

Orientador: Henrique Dayan

Título: **Análise fractal da deformação do embasamento da bacia do pantanal, Brasil**

Resumo:

Um modelo tectônico-estrutural é aqui usado para interpretar a presença e distribuição das grandes estruturas de contornos hexagonais, encontradas na Bacia Sedimentar Intracratônica do Pantanal Mato-Grossense, Brasil. Comparações foram estabelecidas entre as grandes linhas estruturais que definem os contornos dos hexágonos e os processos sedimentares e tectônicos presentes. Foram realizadas interpretações visuais sobre imagens de satélites da série Landsat MSS, 1:500.000, imagens de

Radar, 1:250.000 e mapas MNT (Modelo Numérico do Terreno), em 3D e anáglifo, mapas cartográficas e de relevo da América do Sul, para apoio às informações geológicas e análise do comportamento estrutural da Bacia do Pantanal. A compressão na margem oeste da placa litosférica Sul-Americana, considerada como responsável pela atual arquitetura topográfica e manifestações tectônicas na intraplaca responde, também, pela origem e configuração do embasamento e pelo arranjo espacial dos sedimentos depositados na Bacia do Pantanal. Uma visualização geral e integrada dos elementos morfoestruturais permitiu estabelecer um modelo fractal para a estruturação do embasamento da Bacia do Pantanal e serviu como suporte para esclarecer a origem das formas poligonais de contornos hexagonais. Usou-se um modelo, baseado na teoria dos fractais, o qual utiliza-se da conceituação de auto-similaridade e auto-afinidade. A distribuição da deformação da Placa Continental Sul-Americana dá-se através de um arranjo fractal formada de pontos tríplexes de três falhas de rejeito direcional (strike-slip) e se ajusta ao processo de compartimentação em placas tectônicas da crosta terrestre. O modelo em questão permite estabelecer uma relação genética e espacial entre a estrutura de um embasamento tectonicamente instável e a disposição de formas hexagonais na Bacia do Pantanal e quiçá, em outras porções da Placa Continental Sul-Americana. Ao modelo fractal é atribuída a presença de padrões estruturais, estratigráficos e fisiográficos com propriedades de auto-similaridade e auto-afinidade. Deste modo, os depósitos neogênicos sobrejacentes ao embasamento previamente estruturado e reativado pelo neotectonismo da Bacia do Pantanal estão associados ao processo de acomodação tridimensional, dinâmico e não linear.

Nome: Francisco de Castro Bonfim Júnior

Orientadores: Antonio Carlos Sequeira Fernandes e Oscar Rocha Barbosa

Título: Tijubina ponteii Bonfim & Marques, 1997 (Lepidosauria, Squamata basal da formação Santana, Aptiano da bacia do Araripe, Cretáceo inferior do nordeste do Brasil)

Resumo:

A descrição osteológica de *Tijubina ponteii* (Bonfim & Marques, 1997), integrada com os aspectos modernos da geologia e da paleontologia, abriu a perspectiva para consolidar um melhor conhecimento sobre a ordem Squamata. Os registros fósseis dos Squamatas basais no México, além dos registros de lepidossauros no Brasil e na América do Sul, tornou possível a elaboração de uma nova hipótese de relações para a linhagem deste táxon. A diagnose de *Tijubina ponteii* permite classificar este fóssil

como grupo irmão de Huehuecuetzpalli mixtetus, os dois únicos Squamatas basais conhecidos. Esses dados, integrados com morfologia de lagartos atuais endêmicos do Brasil, mostra um provável comportamento de um animal terrestre, onívoro, e que eventualmente poderia ocupar outros nichos ecológicos combinados. Por outro lado, a qualidade dos fósseis do largerstättite da Formação Santana (Seqüência aptiana-albiana) e as peculiaridades paleoclimáticas do Mesozóico brasileiro, integradas com estudos biométricos e paleoecológicos, trazem uma nova visão para a origem e irradiação dos Squamata, provavelmente no Gondwana.

Nome: Ronaldo Mello Pereira

Orientador: Maria do Carmo Bustamante Junho

Título: **Caracterização geocronológica, geoquímica, geofísica e metalogênica de alguns plutonitos graníticos da região do médio rio Paraíba do Sul e alto Rio Grande, segmento central da faixa ribeira**

Resumo:

A região estudada, parte do segmento central da Faixa Ribeira, encontra-se estruturada pela Zona de Cisalhamento de São Paulo e nela foram caracterizados cinco domínios tectono-estratigráficos representados pela Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé (NESG)/Complexo Piracaia (CP), pelo Sistema de Empurrão Andrelândia (SEA)/Grupo Andrelândia (GA), Domínio Embu (DE)/Complexo Embu (CE), Sistema de Empurrão Juiz de Fora (SEJF)/Complexo Juiz de Fora (CJF) e Klippe do Paraíba do Sul (KPS)/Complexo Paraíba do Sul (CPS). Nela ainda afloram os granitos do Funil, São José do Barreiro, Mendanha, Capivara e Itanhandu que foram estudados do ponto de vista geocronológico, geoquímico, geofísico e metalogênico. Datações geocronológicas pelo método da evaporação do Pb em monocristais de zircões forneceram idades de 584 ± 5 Ma para o Granito do Funil, de 592 ± 5 Ma para o Granito Mendanha, de 603 ± 3 Ma para o Granito São José do Barreiro e de 605 ± 11 Ma para o Granito Capivara, o que torna esses corpos compatíveis com o setting Sin-colisional 1 proposto para a região central da Faixa Ribeira. Por outro lado, a idade de 649 ± 6 Ma do Granito Itanhandu relaciona esse corpo ao metamorfismo Brasília. Com a exceção do Granito do Funil, todos os demais corpos estudados apresentaram zircões herdados. As idades >1800 Ma evidenciam a presença de fontes crustais possivelmente paleoproterozóicas para os granitos São José do Barreiro, Capivara e Itanhandu. Já as idades, entre 787 Ma e 655 Ma, dos zircões herdados do Granito Mendanha apontam para protólitos neoproterozóicos. O caráter evoluído de todos os corpos analisados pode ser eviden-

ciado pelos elevados teores de $\text{SiO}_2 > 71\%$ apresentados por eles. Todos à exceção do Granito Itanhandu, apresentam razão $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 1$. No geral, os índices de saturação em alumina indicam que se tratam de corpos peraluminosos com índices de Shand $\leq 1,1$ (granitos do Funil e São José do Barreiro), $< 1,2$ (Granito Mendanha), entre 1,1-1,3 (Granito Itanhandu) e entre 1,2-1,5 (Granito Capivara). O caráter ligeiramente peraluminoso ($\text{A}/\text{CNK} < 1,1$) desses granitos permite relacioná-los a I-Tipo cordilheiranos. Os com razões $\text{A}/\text{CNK} > 1,1$ foram relacionados a granitos S-Tipo. A relação entre os teores de Ba, Rb e Sr denotam o caráter anômalo a fortemente diferenciado dos corpos. As anomalias negativas de Eu apontam para a participação de feldspato nos processos de fracionamento do Eu. Medidas de susceptibilidade magnética (k) constituíram-se em um meio rápido de distinção entre os diversos corpos graníticos estudados. O elevado valor de k (até 22.10-3SI), associado a mineralogia (magnetita, pirita, allanita e titanita), permitiu considerar o Granito do Funil como sendo da série magnetita e relacionado a uma linhagem magmática distinta mais oxidante. Os demais maciços em função dos baixos valores de SM ($< 125,6 \times 10^{-3}\text{SI}$) foram considerados como sendo da série ilmenita e relacionados a linhagens mais reduzidas. O modelamento gravimétrico 2D verificou que os corpos graníticos estendem-se até cerca de 6 km de profundidade, sendo os seus contatos com as rochas encaixantes bastante íngremes e bruscos. Esse modelamento também realçou as compartimentações dos diferentes domínios, efetuadas tanto pelos corpos graníticos, como por falhamentos e/ou descontinuidades de alto ângulo. As diferentes espessuras apresentadas pelas rochas dos Domínios Embu e Klippe Paraíba do Sul, foram atribuídas à movimentações verticais que expuseram as rochas em diferentes níveis de exudação. A potencialidade metalogênica dos maciços graníticos estudados foi definida pelas razões $(\text{Rb} \times 2 \times \text{Li}) / (\text{K} \times \text{Mg} \times \text{Sr})$, Mg/Li , pelo diagrama Rb-Ba-Sr, pelo teor de Sn e pela presença da cassiterita no entorno desses corpos. Os granitos do Funil, Mendanha e Itanhandu foram considerados como os mais potenciais. A possibilidade de depósitos minerais associados aos dois primeiros corpos é pequena, em função da presença da cassiterita como um dos constituintes detríticos dos sedimentos terciários da Bacia de Resende, o que sugere a perda, por erosão, das cúpulas especializadas. As principais associações em metais raros/mineralógicas encontradas na área e relacionadas aos diferentes domínios tectônicos foram: Sn-Nb-Ta - cassiterita - columbita/tantalita (SEA/GA/granitos Capivara e Itanhandu); $\text{Sn} \pm \text{W-Nb-Ta-F-Mo}$ - cassiterita \pm wolframita-columbita/tantalita-topázio/fluorita-molibdenita (NESG/CP/Granito Mendanha) e $\text{Sn} \pm \text{F-Mo}$ - cassiterita \pm fluorita-molibdenita (DE/CE/Granito do Funil). Estudos em MEV/EDS permitiram, a partir do estudo das inclusões minerais

contidas, reconhecer características próprias e singulares nas cassiteritas de cada um dos domínios tectônicos da região. O maior número e maior diversidade mineralógica foram registrados nas cassiteritas relacionadas ao domínio tectono-estratigráfico SEA/GA, já as do domínio DE/CE são quase destituídas de inclusões. As columbitas-tantalitas do SEA/GA, inclusive as inclusas nas cassiteritas, geralmente apresentam picos de Ti, representando essa assinatura química um reflexo da disponibilidade de Ti no meio geológico relacionado ao Grupo Andrelândia. A turmalina, um dos minerais utilizados para a distinção entre os diversos domínios tectônicos que ocorrem na região, tem suas concentrações mais significativas nas áreas dos domínios DE e SEA. Ela deriva, respectivamente, de turmalinitos estratiformes associados às rochas da unidade Rio Una e de pegmatitos, veios de quartzo e finos veios turmalíníticos que cortam o Granito Capivara. Diferenças químicas foram estabelecidas entre elas a partir dos teores de CaO, MgO e TiO₂ e da associação Co-Cr-Ni-V-S-Zr, maiores nas turmalinas do DE, e dos óxidos de Fe e Mn e da associação Cu-Zn-Li mais elevados nas do SEA. A turmalina do DE tende para o campo da schorl - dravita, o que poderia relacioná-la a um ambiente de formação sedimentar/sedimentar exalativo, enquanto a do SEA, tende para o campo da schorl - elbaíta o que daria uma conotação magmática para esse mineral.