



PROPOSTA DE TEMA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

TEMA:

Comportamento Cíclico e Potencial de Liquefação de Rejeitos Filtrados Compactados por Meio de Ensaios Triaxiais Cíclicos

NOME DO ORIENTADOR / CO-ORIENTADOR:	TITULAÇÃO:	DEPARTAMENTO, INSTITUIÇÃO OU EMPRESA
André Luís Brasil Cavalcante	D.Sc.	ENC/FT/UnB
Tiago de Jesus Souza	D.Sc.	UFSCar

SUMÁRIO DO TEMA:

O empilhamento de rejeitos filtrados compactados vem sendo progressivamente adotado como alternativa às estruturas convencionais de disposição de rejeitos. Apesar das vantagens associadas à redução do teor de água e à possibilidade de compactação, o comportamento dessas estruturas depende fortemente das condições de deposição, do grau de compactação, do teor de umidade, da saturação e do estado de tensões estabelecido durante sua construção e operação. A ocorrência de carregamentos repetidos ou dinâmicos, decorrentes de vibrações operacionais, tráfego de equipamentos, detonações, sismos naturais ou induzidos, pode provocar o acúmulo de deformações e de poropressões, a redução da rigidez e da resistência ao cisalhamento e, em determinadas condições, o desenvolvimento de mobilidade cíclica ou liquefação. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar experimentalmente a resposta cíclica e a suscetibilidade à liquefação de rejeitos filtrados compactados, considerando diferentes condições de compactação, saturação e estado inicial de tensões. Os ensaios serão realizados no equipamento Owntec MS156, instalado no Laboratório GEOFLUXO da Universidade de Brasília, que permite a realização de ensaios triaxiais cíclicos em controle de tensão ou de deformação. A metodologia compreenderá: i) caracterização física, mineralógica, hidráulica e mecânica do rejeito selecionado; ii) definição de procedimentos de preparação dos corpos de prova, considerando diferentes graus de compactação e teores de umidade de moldagem; iii) saturação dos corpos de prova e verificação da qualidade da saturação por meio do parâmetro B; iv) consolidação isotrópica e/ou anisotrópica sob diferentes níveis de tensão confinante e razão de tensões iniciais; v) execução de ensaios triaxiais cíclicos não drenados, em diferentes amplitudes, frequências e razões de tensão cíclica; vi) monitoramento da evolução da poropressão, das deformações axiais, da rigidez, da energia dissipada e do número de ciclos necessários para atingir os critérios de instabilidade; vii) determinação das curvas de resistência cíclica, relacionando a razão de tensão cíclica ao número de ciclos para ocorrência de liquefação, mobilidade cíclica ou níveis críticos de deformação; viii) avaliação da resistência monotônica pós-cíclica e da influência do histórico de carregamento sobre o comportamento do material; ix) proposição de critérios experimentais para caracterização da resistência cíclica de rejeitos filtrados compactados. Como resultados, espera-se estabelecer relações entre grau de compactação, estado de tensões, geração de poropressão, deformação acumulada e resistência cíclica. A pesquisa deverá produzir um banco de dados experimental aplicável à análise de segurança de pilhas de rejeitos filtrados, recomendações para utilização do equipamento Owntec MS156 e um artigo técnico-científico a ser submetido e apresentado em congresso.



APOIO FINANCEIRO
VALE, CAPES, CNPq, FAP-DF, OWNTEC Soluções em Engenharia Ltda

REQUISITOS
(i) Ter cursado as disciplinas relevantes ao tema. (ii) Possuir interesse em comportamento de rejeitos de mineração, carregamentos cíclicos e fenômenos de liquefação. (iii) Possuir disponibilidade para preparação de corpos de provas e realização de ensaios experimentais no Laboratório GEOFLUXO

Brasília/DF, 15 de Julho de 2026.



PROPOSTA DE TEMA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

TEMA:

Influência do Estado de Compactação e da Trajetória de Tensões na Resistência ao Cisalhamento e no Estado Crítico de Rejeitos Filtrados Compactados

NOME DO ORIENTADOR / CO-ORIENTADOR:	TITULAÇÃO:	DEPARTAMENTO, INSTITUIÇÃO OU EMPRESA
André Luís Brasil Cavalcante	D.Sc.	ENC/FT/UnB
Tiago de Jesus Souza	D.Sc.	UFSCar

SUMÁRIO DO TEMA:

O desempenho de pilhas de rejeitos filtrados compactados depende das condições de moldagem e do estado de tensões imposto ao material. Variações no grau de compactação podem alterar a resistência ao cisalhamento, a geração de poropressão e a tendência contrativa ou dilatante, enquanto a consolidação isotrópica ou anisotrópica influencia as trajetórias de tensão e o comportamento até a ruptura. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a influência do grau de compactação e da condição inicial de tensões sobre a resistência e o comportamento tensão-deformação de um rejeito filtrado compactado. Os ensaios serão realizados no equipamento Owntec MS156, instalado no Laboratório GEOFLUXO da Universidade de Brasília. A campanha experimental será desenvolvida com um único rejeito, moldado em uma mesma umidade e em dois graus de compactação. Após a caracterização física básica e a saturação dos corpos de prova, serão realizados ensaios triaxiais CIU em três níveis de tensão confinante efetiva. De forma complementar, poderão ser realizados ensaios CAU em uma condição de compactação de referência, visando avaliar o efeito da consolidação anisotrópica. A comparação entre diferentes graus de compactação e condições de consolidação permitirá verificar se o aumento da densidade seca produz, de forma sistemática, maior resistência e menor geração de poropressão, ou se a resposta também depende da trajetória de tensões e da estrutura interna formada durante a compactação. Essa análise poderá contribuir para a definição de condições de execução mais adequadas para pilhas de rejeitos filtrados. A análise compreenderá as trajetórias de tensão no plano $p' - q$, a resistência ao cisalhamento, a geração de poropressão e as tendências contrativa ou dilatante. Os resultados também serão utilizados para uma estimativa preliminar dos parâmetros de estado crítico e para avaliar a influência do grau de compactação sobre a resposta mecânica do rejeito. A pesquisa será desenvolvida buscando contribuir para o aprimoramento das rotinas de ensaios triaxiais estáticos e produzir, pelo menos, um artigo técnico-científico a ser submetido e apresentado em congresso.



APOIO FINANCEIRO
VALE, CAPES, CNPq, FAP-DF, OWNTEC Soluções em Engenharia Ltda

REQUISITOS
(i) Ter cursado as disciplinas relevantes ao tema. (ii) Possuir interesse em comportamento de rejeitos de mineração, carregamentos cíclicos e fenômenos de liquefação. (iii) Possuir disponibilidade para preparação de corpos de prova e realização de ensaios experimentais no Laboratório GEOFLUXO

Brasília/DF, 15 de Julho de 2026.



Universidade de Brasília
Programa de Pós-graduação em Geotecnia
Proposta de tema para dissertação de mestrado

TEMA: Análise do Comportamento de Estradas Não Pavimentadas em Áreas de Mineração

NOME DO ORIENTADOR: Ennio Marques Palmeira

CO-ORIENTADOR: Prof. Juan Felix Rodriguez

SUMÁRIO DO TEMA:

Geossintéticos têm sido comumente empregados como reforço de estradas não-pavimentadas construídas sobre solos com baixa capacidade de suporte. A presença do reforço aumenta a capacidade de carga da estrada, reduz deformações e aumenta o tempo entre serviços de manutenção superficial. As vantagens da utilização de reforço geossintético nessas vias estão esquematizadas na Figura 1. Diversos estudos experimentais, particularmente na UnB, têm sido realizados para avaliar o desempenho de estradas não-pavimentadas com e sem a presença de reforço geossintético. No entanto, ainda se necessitam de estudos relativos à contribuição do reforço em estradas não pavimentadas sobre subleitos não tão fracos e submetidos a cargas elevadas, como é o caso de estradas em áreas de mineração.

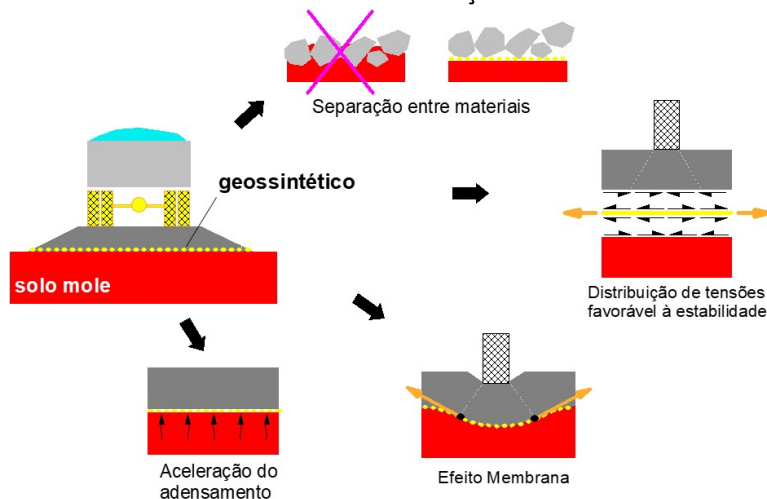


Figura 1. Benefícios da presença de reforço geossintético em estradas não pavimentadas



Figura 2. Exemplo de simulação em laboratório disponível

Atividades

A pesquisa envolverá a avaliação da acurácia de metodologias de projeto para estradas não pavimentadas sobre subleitos relativamente competentes. Pretende-se investigar a influência das propriedades mecânicas do reforço, propriedades dos solos, condições de tráfego etc. Métodos empíricos, analíticos e programas computacionais disponíveis na literatura e no Programa de Pós-Graduação em Geotecnia deverão ser empregados nas análises. Resultados de ensaios de laboratório em grande escala obtidos por teses e dissertações anteriores (Fig. 2, por exemplo) deverão ser utilizados para comparações entre previsões numéricas e medições

PRÉ-REQUISITOS: Dedicação exclusiva à pesquisa. Ter cursado as disciplinas de Geossintéticos em Geotecnia e Meio Ambiente e Métodos Numéricos. Desenvolver a pesquisa em Brasília.

RECURSOS NECESSÁRIOS: Não deverá haver problemas com financiamento, uma vez que os materiais e informações necessários para os estudos estão disponíveis.



TEMA: Geossintéticos em Reforço de Pavimentos sobre Bolsões Fracos no Subleitos

NOME DO ORIENTADOR: Ennio Marques Palmeira

NOME DO COORIENTADOR: Juan Félix Rodriguez Rebolledo

SUMÁRIO DO TEMA:

Geossintéticos têm apresentado crescente utilização como reforço de pavimentos rodoviários, ferroviários e estradas não pavimentadas. O uso de reforço geossintético garante uma maior vida útil do pavimento, bem como menor número de manutenções periódicas da via. Entretanto, ainda não se avaliou a contribuição do reforço geossintético como elemento redutor de danos provocados por rupturas localizadas do subleito. Tais rupturas provocam recalques diferenciais da via e aceleram a sua degradação. A Figura 1 esquematiza este tipo de problema e a possível utilização de reforço geossintético na base do pavimento. É de se esperar que a presença do reforço minimize as consequências de existência de bolsões compressíveis (heterogeneidades) ou cavidades no subleito.

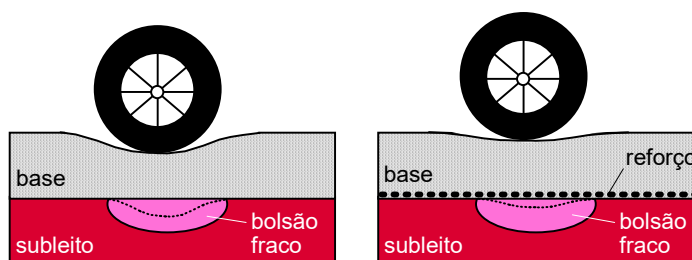


Figura 1. Reforço geossintético em pavimentos sobre bolsões fracos no subleito.

Atividades

A pesquisa envolverá análises numéricas visando avaliar o desempenho de pavimentos sobre subleitos com bolsões fracos com e sem a presença de reforço geossintético. Serão investigadas a influência da posição e número de reforços na base, propriedades físicas e mecânicas do reforço e dimensões, rigidez e profundidade da região fraca no subleito. Para a realização dos estudos será utilizado programa de elementos finitos, já disponível, que é capaz de simular diferentes tipos de carregamentos (estáticos e cíclicos) sobre pavimentos e estradas não pavimentadas. Poderão ser comparadas as previsões numéricas com resultados de ensaios de laboratório de grandes dimensões conduzidos no mestrado de Tamyres Karla da Silva. Os resultados obtidos permitirão quantificar a contribuição do reforço geossintético em diminuir os efeitos negativos de heterogeneidades e cavidades no solo de subleito de pavimentos rodoviários, ferroviários e estradas não pavimentadas.

PRÉ-REQUISITOS: **Dedicação exclusiva à pesquisa.** Ter cursado disciplinas de Geossintéticos em Geotecnia e Meio Ambiente e Métodos Numéricos. Desenvolver a pesquisa em Brasília.

RECURSOS NECESSÁRIOS: Não deverá haver problemas com financiamento, uma vez que os materiais e informações necessárias para os estudos estão disponíveis.



PROPOSTA DE TEMA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nome do Tema:		
Avaliação da Segurança da Disposição de Rejeitos em Reservatórios Impermeabilizados com Geomembrana PEAD e Maximização da Vida Útil		
Nome do orientador / coorientador	Titulação:	Departamento, Instituição ou Empresa
Germán Vinuesa / Marcos Antônio Lemos Júnior	Dr. rer. nat. / Me.	ENC / FT / UnB + CBMM
Sumário do Tema:		

A crescente demanda por soluções mais seguras e sustentáveis para a disposição de rejeitos de mineração impulsiona o desenvolvimento de sistemas que utilizam reservatórios impermeabilizados por geomembranas de polietileno de alta densidade (PEAD) que oferecem importantes vantagens ambientais, principalmente pela redução do potencial de contaminação do solo e das águas subterrâneas. Entretanto, sua eficiência e segurança operacional dependem diretamente da forma como os rejeitos são dispostos ao longo da vida útil da estrutura.

A disposição inadequada pode resultar na formação de acúmulos concentrados de material, gerando tensões localizadas elevadas sobre a geomembrana e sobre o terreno de fundação. Essas solicitações podem comprometer a integridade do sistema de impermeabilização, provocar recalques diferenciais, acelerar processos de desgaste mecânico e reduzir significativamente a vida útil da estrutura.

Além dos aspectos relacionados à integridade da geomembrana, a distribuição espacial dos rejeitos influencia diretamente o aproveitamento volumétrico do reservatório. Estratégias inadequadas de disposição podem ocasionar perda de capacidade de armazenamento, aumento da frequência de intervenções operacionais e necessidade antecipada de implantação de novas áreas para disposição de rejeitos.

Nesse contexto, este projeto tem como objetivo desenvolver e avaliar metodologias de disposição operacional capazes de promover a distribuição homogênea dos rejeitos em reservatórios impermeabilizados com geomembrana PEAD, minimizando concentrações de carga e maximizando o aproveitamento da capacidade volumétrica disponível.

O estudo incluirá análises geotécnicas, operacionais e numéricas, envolvendo a avaliação da evolução topográfica da estrutura, modelagem das tensões transmitidas à geomembrana e ao sistema de fundação, bem como análise do desempenho operacional sob diferentes cenários de lançamento de rejeitos.

A pesquisa utilizará dados reais de operação de um reservatório de rejeitos impermeabilizado, permitindo correlacionar parâmetros operacionais, geotécnicos e geométricos com indicadores de desempenho associados à segurança da geomembrana e ao aproveitamento da capacidade de armazenamento.

O projeto tem alto potencial para garantir uma melhor ocupação de reservatórios de barragens de disposição de rejeitos, acarretando impacto potencial positivo nas condições ambientais associadas a operações realizadas pela indústria da mineração. O potencial de impacto na redução dos riscos à integridade física e à saúde de trabalhadores da mineração é alto positivo, podendo aumentar a estabilidade das barragens de disposição de rejeito, aumentando a segurança no trabalho e saúde do trabalhador.

Apoio / Financiamento: N/A

Brasília, DF, 17/07/2026

Local e Data

Orientador

Coorientador



PROPOSTA DE TEMA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nome do Tema:		
Aperfeiçoamento da técnica do macaco plano em furo de sondagem para determinação de tensões <i>in situ</i> em empreendimentos mineiros		
Nome do orientador / coorientador	Titulação:	Departamento, Instituição ou Empresa
Germán Vinueza	Dr. rer. nat.	ENC / FT / UnB
Sumário do Tema:		

O projeto visa avaliar a possibilidade de aperfeiçoamento da técnica do macaco plano em furo de sondagem (Vinueza, 1998) para determinação de tensões *in situ* para fundamentar a construção de um protótipo empregando novas formas de fendilhar a parede de um furo de sondagem, bem como determinar a geometria dessa parede antes e após tal fendilhamento, bem como formas de pressurizar as fendas geradas na parede para compensar a deformação por elas geradas, de forma a permitir correlacionar tal pressão com o estado de tensão vigente no maciço rochoso acessado por meio do furo de sondagem. Ademais, este projeto engloba a execução de análises numéricas de tensão-deformação para determinar as relações entre o estado de tensões terciário induzido pelo fendilhamento, com o estado de tensões secundário induzido pela perfuração do furo de sondagem e, por fim, com o estado de tensões primário vigente no maciço rochoso investigado.

Todos maciços rochosos são submetidos a tensões *in situ* resultantes tanto do peso da coluna litostática sobrejacente quanto a tensões de origem tectônica. A escavação de minas a céu aberto ou subterrâneas resulta em alteração do estado pré-existente de tensões e estas mudanças podem ter crucial importância para o comportamento das estruturas construídas em tais maciços rochosos, no entanto nenhuma técnica atualmente existente para determinação de tensões *in situ* em maciços rochosos é plenamente satisfatória. Assim, justifica-se o presente estudo na medida em que as minas a céu aberto no Brasil tornam-se cada vez mais profundas ou na medida em que depósitos de distintas naturezas originalmente lavrados a céu aberto passam a sê-lo por métodos subterrâneos, bem como pela vantagem que a técnica do macaco plano em furo de sondagem apresenta em relação às demais, nomeadamente, a correlação direta da pressão de compensação com o estado de tensões perpendicular ao fendilhamento.

O desenvolvimento deste estudo tem alto potencial de aplicação para a expansão de operações existentes e para a viabilização de empreendimentos mineiros, acreditando-se que sua execução pode contribuir para garantir que minas profundas sejam projetadas, construídas e operadas de modo mais seguro e econômico.

O projeto tem potencial moderado para reduzir a necessidade de remoção e disposição de estéril, acarretando uma eventual redução na demanda de máquinas, equipamentos e insumos correlatos. Moderado potencial para minimizar a ocorrência de rupturas de taludes profundos e desmoronamento de escavações subterrâneas minimizando assim as consequentes paralizações das operações para remoção do material rompido, acarretando, portanto, potencial redução de custos operacionais. O projeto tem potencial para propiciar moderado impacto ambiental positivo no que tange à eficiência energética, redução de emissões, preservação e recuperação devido a uma eventual diminuição na remoção e disposição de estéril e garantir a estabilidade dos taludes finais das cavas profundas e das escavações permanentes de minas subterrâneas. O projeto tem alto potencial para aumentar a estabilidade dos taludes das cavas profundas e das escavações de minas subterrâneas, com consequente aumento da segurança no trabalho e saúde do trabalhador.

VINUEZA, G. Determination of Stresses in Rock Masses by the Borehole Flat Jack technique – Numeric Modeling and Pioneer Field Tests. Tese (Doutorado em Geotecnica/Geologia Aplicada: Mecânica das Rochas). Tübingen: Eberhard Karls Universität, 1998.

Apoio / Financiamento: N/A

Brasília, DF, 14/07/2026

Local e Data

Orientador

Coorientador



Proposta de Tema de Dissertação de Mestrado

TEMA 1: INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE MOLDAGEM NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO COMPACTADO

Nome do Orientador:

Titulação:

Departamento:

Prof. José Wilson dos Santos Ferreira

D.Sc.

ENC / FT / UnB

Resumo do Tema:

A mineração no Brasil é uma atividade econômica de grande relevância, sendo que os bens minerais metálicos representam aproximadamente 90% do valor total da indústria mineral brasileira, com destaque para o minério de ferro como principal produto. O país é o segundo maior produtor mundial de minério de ferro (IBRAM, 2023). No entanto, a atividade mineradora gera uma quantidade significativa de rejeitos: para cada tonelada de minério de ferro processada, são produzidas cerca de 0,4 toneladas de rejeitos (IPT, 2021).

A partir dos desastres ocorridos nas cidades mineiras de Mariana (2015) e Brumadinho (2019), e das mudanças nas diretrizes da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e da Agência Nacional de Mineração (ANM), intensificou-se a busca por alternativas de disposição de rejeitos que sejam economicamente viáveis e mais seguras sob o ponto de vista geotécnico. Nesse contexto, destaca-se a adoção da filtragem de rejeitos e do empilhamento controlado em aterros, utilizando materiais com baixa umidade, controle de compactação e índice de vazios.

Dessa forma, torna-se de grande relevância o aprofundamento dos conhecimentos sobre o comportamento geomecânico dos rejeitos, especialmente quanto à sua suscetibilidade à liquefação. Associado a isso, observam-se mudanças nas metodologias de análise, com a teoria dos estados críticos sendo comumente empregada.

Assim, o presente estudo busca contribuir para uma melhor compreensão do comportamento mecânico de rejeito filtrado de flotação de minério de ferro da mina de Brucutu, localizada em Minas Gerais, a partir de sua estrutura compactada, variando as condições de grau de compactação e desvio de teor de umidade ótima durante a moldagem. Além da caracterização físico-química-mineralógica, propõe-se a investigação do comportamento compactado em ensaios triaxiais CD e CU, além da avaliação da microestrutura.

O material já se encontra disponível em laboratório, a pesquisa proposta **é de caráter experimental, a ser desenvolvida no Laboratório de Novos Materiais Geotécnicos**, o qual conta com a infraestrutura necessária para desenvolvimento do tema. Ressalta-se que esta pesquisa está inserida em acordo de Parceria para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (APPD&I) do proponente junto à VALE.



Proposta de Tema de Dissertação de Mestrado

TEMA 2: ESTABILIZAÇÃO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO COM POLÍMERO

Nome do Orientador:

Titulação:

Departamento:

Prof. José Wilson dos Santos Ferreira

D.Sc.

ENC / FT / UnB

Resumo do Tema:

Sob a ótica de rejeitos de mineração, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de minério de ferro, no entanto, a atividade mineradora gera uma quantidade significativa de rejeitos, para cada tonelada de minério de ferro processado, são produzidas 0,4 toneladas de rejeitos, em que a geração anual de rejeitos no país é de aproximadamente 400 milhões de toneladas (IPT, 2021; IBRAM, 2023).

Avanços em pesquisas recentes têm se concentrado na utilização e reutilização sustentável dos rejeitos de minério, investigando o comportamento de tensão vs. deformação e resistência dos rejeitos de mineração compactados artificialmente com estabilizantes químicos. O objetivo da estabilização é promover a formação de ligações entre as partículas, aumentando a coesão e reduzindo o risco de liquefação desses rejeitos (Consoli et al., 2022). Diversos autores têm investigado a estabilização geotécnica desses rejeitos tanto para aumentar a segurança em projetos de disposição quanto para reutilizar esses resíduos estabilizados para fins geotécnicos, como pavimentação (Alelvan et al., 2022; Jiang et al., 2024; Lopes et al., 2025; Vieira et al., 2026).

Estabilizantes inorgânicos e/ou orgânicos têm uma grande influência no comportamento dos materiais, porém, há lacuna quanto o entendimento da interação entre os rejeitos de mineração e os diversos polímeros disponíveis comercialmente. Desta forma, o presente estudo busca contribuir para uma melhor compreensão do processo de estabilização química de rejeito filtrado de minério ferro com uso de polímero, a partir de estudos de caracterização, dosagem, cura, compactação, comportamento mecânico estático (ensaios triaxiais convencionais em baixas e elevadas tensões) e cíclico (ensaios de módulo de resiliência, deformação permanente e LWT). Ressalta-se que o estudo busca contribuir para o avanço científico da técnica e desenvolvimento prático de projetos geotécnicos mais eficientes e sustentáveis.

O material já se encontra disponível em laboratório, a pesquisa proposta **é de caráter experimental, a ser desenvolvida no Laboratório de Novos Materiais Geotécnicos**, o qual conta com a infraestrutura necessária para desenvolvimento do tema. Ressalta-se que esta pesquisa está inserida em acordo de Parceria para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (APPD&I) do proponente junto à VALE.



PROPOSTA DE TEMA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nome do Tema:		
AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE SÍSMICA DE TALUDES SUBMARINOS BASEADA NO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS		
Nome do orientador/coorientador:	Titulação:	Departamento, Instituição ou Empresa
Orientador: Juan Félix Rodríguez Rebolledo Coorientador: Manoel Porfírio Cordão Neto	Dr./PhD.	ENC / FT / UnB
Sumário do Tema:		
O avanço das ferramentas preditivas tem transformado a forma como engenheiros e cientistas abordam problemas de alta complexidade. Em geotecnia, métodos probabilísticos e numéricos vêm permitindo representar incertezas associadas a solos e rochas, ampliando a confiabilidade das análises (Hicks & Samy, 2002; Juang et al., 2019). Entretanto, quando se trata de taludes submarinos, os desafios se intensificam: esses ambientes são caracterizados por geometrias irregulares, materiais sedimentares altamente heterogêneos e condições de contorno controladas por fatores hidrodinâmicos e tectônicos, tornando sua modelagem uma tarefa extremamente difícil (Kelner et al., 2016; Leynaud & Sultan, 2010). No primeiro nível, o método de equilíbrio-limite convencional oferece um referencial robusto de engenharia. Na aplicação tradicional, especialmente em taludes em terra, onde os solos são bem investigados e as superfícies de ruptura são relativamente simples, a adoção de um valor fixo do coeficiente sísmico (k_h) tem sido aceita para triagens ou projetos de nível preliminar. Nessa abordagem, o fator de segurança sob ação sísmica é calculado considerando a força adicional; se o fator de segurança for inferior a um valor crítico, considera-se que o talude pode deslizar ou exigir intervenção. Por exemplo, Melo & Sharma (2004) demonstraram que a seleção de k_h frequentemente permanece arbitrária e que a variabilidade na geometria, nas características do solo e na aceleração real torna o uso de um valor fixo pouco justificado. Entretanto, no contexto de taludes submarinos submetidos a sismos, diversas particularidades tornam necessário adaptar o uso do coeficiente sísmico tradicional. Entre essas particularidades, destacam-se: a presença da coluna d'água, a saturação completa dos sedimentos, a possível geração de pressão de poro ou liquefação durante ciclos sísmicos, a morfologia complexa (como escadas, canais e descontinuidades geológicas) e o maior grau de incerteza nas propriedades geotécnicas. Estudos recentes sobre a estabilidade de taludes submarinos demonstram que a resposta dinâmica exige coeficientes ajustados para condições de água profunda e sedimentos saturados. O segundo nível eleva o grau de fidelidade ao adotar o método de elementos finitos com técnica de <i>Shear Strength Reduction</i> (SSR). Nesse método numérico, a resistência ao cisalhamento é progressivamente reduzida até que o modelo entra em colapso, fornecendo um fator de segurança emergente a partir da simulação. Para os taludes submarinos sob sismo, o FEM-SSR permite considerar efeitos de geometria complexa, interação solo-água e mobilidade inicial da massa de solo. A calibração de modelos simplificados, com base em comparativos FEM-SSR, poderá ajustar parâmetros como coeficiente sísmico equivalente, mobilidade pós-ruptura ou volume mobilizado. O objetivo desta pesquisa é desenvolver uma metodologia para avaliar a instabilidade sísmica de taludes submarinos baseada no método dos elementos finitos. A metodologia de trabalho será composta por cinco etapas fundamentais, a saber: (i) revisão bibliográfica; (ii) definição das propriedades estáticas e dinâmicas e o espectro de aceleração sísmica do terreno; (iii) desenvolvimento de uma metodologia de análise que inclui: geometria, modelo constitutivo, condições de contorno estáticas e dinâmicas, e condições de drenagem; (iv) aplicação dessa metodologia num caso de estudo; e (v) redação da dissertação e publicação de artigo científico. PRÉ-REQUISITOS: a) Ter habilidades e disponibilidade para realização de modelos numéricos 2D e/ou 3D. b) Ter cursado disciplinas relevantes ao tema. c) Dedicção exclusiva ao projeto de pesquisa		

Tema de Pesquisa de Mestrado

Desenvolvimento e Implementação do novo Modelo Híbrido LFEM (Lattice Finite Element Method)

Orientador

Professor Leandro Lima Rasmussen

Proposta de Pesquisa

A simulação numérica do comportamento mecânico de meios descontínuos e dos processos de fraturamento representa um desafio recorrente nas engenharias geotécnica e estrutural. Métodos numéricos tradicionais, como o Método dos Elementos Finitos e o Método dos Elementos Discretos, embora consagrados na análise contínua e descontínua, frequentemente necessitam de extensivas calibrações por tentativa e erro quando aplicados a problemas envolvendo processos de fraturamento. Ademais, o baixo nível de precisão nos resultados, manifestado pela alta dispersão nas respostas dos modelos, é um problema ainda a ser superado.

Neste contexto, surge a necessidade de técnicas híbridas que gerem menor dependência de calibração empírica e maior precisão nos resultados. Um método em potencial a ser desenvolvido nessa pesquisa é o LFEM (Lattice Finite Element Method), que propõe integrar a abordagem lattice, particularmente a Rigid Body Spring Network (RBSN), ao método FEM tradicional, permitindo simulações mais precisas preservando o nível de acurácia.

Assim, este projeto visa desenvolver, implementar e validar o novo modelo híbrido LFEM, utilizando o software comercial RS2 da Rocscience. O modelo resultante deverá permitir análises de processos de fraturamento que não necessitem extensivas calibrações por tentativa e erro inerentes às abordagens numéricas tradicionais, ao mesmo tempo que apresentará precisão superior nos resultados.

Para demonstrar o resultado esperado do estudo, o desempenho do modelo LFEM será avaliado com base em casos-teste de referência, com destaque para processos de fraturamento de meios rochosos. Também será comparada a eficiência e precisão do novo modelo LFEM em relação às metodologias FEM tradicionais para análise de fraturamento, como o Continuum Voronoi Block Model (CVBM).

OBS

O aluno deve ter gosto por pesquisa na área numérica. Haverá a necessidade de programar em linguagem Python, porém em nível básico.



Tema: Influência de Heterogeneidades Geológicas nos Mecanismos de Armazenamento e Trapeamento de CO_2 em Reservatórios de Arenito

Orientador: Manoel Porfírio Cordão Neto (UnB)

Coorientador: Ana Carolina Loyola (Universidade Gustavo Eiffel)

O compromisso global reforçado pelo Acordo de Paris para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa tem impulsionado a transição para uma matriz energética mais sustentável, com forte expansão de fontes renováveis. No entanto, as projeções energéticas de curto e médio prazo indicam que os combustíveis fósseis ainda desempenharão um papel fundamental na segurança energética global e nacional nas próximas décadas. Nesse cenário, as tecnologias de Captura e Armazenamento de Carbono (CCS) surgem como uma alternativa indispensável para viabilizar a continuidade do uso desses combustíveis de forma mitigada, permitindo alcançar balanços de emissões neutros ou até negativos por meio do armazenamento permanente do CO_2 .

Uma das estratégias mais promissoras de CCS é a injeção do CO_2 em formações salinas profundas ou reservatórios depletados de arenito. Contudo, esses meios porosos são inerentemente heterogêneos, frequentemente caracterizados pela presença de lentes ou camadas de rochas de granulometria mais fina (como folhelhos ou siltitos). Essas heterogeneidades alteram significativamente a distribuição de tamanho de poros e, conseqüentemente, impactam duas propriedades hidromecânicas fundamentais: a permeabilidade intrínseca do meio e as curvas de retenção de fluidos (pressão capilar).

A diferença de pressão capilar de entrada entre as diferentes litologias pode atuar como uma barreira ou um equalizador de fluxo durante a migração do fluido. Evidências e simulações preliminares sugerem que, ao contrário da intuição inicial de que as heterogeneidades poderiam comprometer a eficiência, elas podem, na verdade, otimizar o desempenho do reservatório. Isso ocorre ao aumentar a capacidade de armazenamento por trapeamento capilar (residual) e estratigráfico, além de mitigar riscos de vazamento vertical, aumentando a segurança do confinamento a longo prazo.

Este projeto de mestrado propõe investigar, por meio de modelagem numérica avançada (e/ou ensaios experimentais, se for o caso), a influência direta dessas heterogeneidades estruturais e texturais nos processos de fluxo bifásico (salmoura- CO_2). O foco principal será quantificar o fenômeno de trapeamento resultante do contraste das curvas de retenção entre as diferentes fácies do reservatório, avaliando o ganho real em capacidade de estocagem e segurança da integridade do selo.

PRÉ-REQUISITOS: Ter cursado métodos numéricos. Ter afinidade com modelagem numérica e programação.

RECURSOS NECESSÁRIOS: Não



Proposta de Tema de Dissertação de Mestrado

TEMA 1:

ESTABILIZAÇÃO DE REJEITOS DE MINÉRIO DE MANGANÊS COM POLÍMEROS PARA APLICABILIDADES GEOTÉCNICAS

Orientadora: Profª Michéle Dal Toé Casagrande

Data: Julho/2026

Resumo do Tema:

A utilização de materiais alternativos nas diversas áreas da geotecnia é um tema de crescente interesse, dentro da linha de estudo de novos materiais geotécnicos, incluindo a área de rejeitos de mineração estabilizados, pois é um processo que confere aos rejeitos uma maior resistência, estabilidade às cargas e ao desgaste, por meio da adição de substâncias que lhe confirmam uma coesão aparente proveniente da cimentação e/ou aglutinação dos seus grãos.

Os polímeros são estabilizantes que revestem as partículas e formam cadeias de ligações físicas quando a água presente na solução evapora, deixando a matriz do polímero no rejeito. A utilização de polímeros como modificadores em novas estruturas é uma solução promissora, melhorando a microestrutura das misturas, além do aumento da durabilidade do compósito. Os polímeros têm uma grande influência na trabalhabilidade e no aumento das propriedades mecânicas dos rejeitos. São materiais conhecidos por apresentarem uma durabilidade superior à apresentada por outros agentes estabilizadores, além da ação resistente ao ataque de ácidos.

Os rejeitos de mineração devem ser armazenados em locais que garantam condições de segurança e prevenção de danos ambientais. As metodologias são diversas, onde a construção de barragens é a mais utilizada, porém, os recentes rompimentos de barragens vislumbram a descaracterização destas e outras formas de disposição de rejeitos. A tendência de estudos em rejeitos de mineração vem aumentando e este grupo de pesquisa tem atuado no estudo do comportamento dos rejeitos de mineração de origens diversas, pela avaliação da influência de parâmetros de compactação e granulometrias distintas no comportamento mecânico dos rejeitos puros e estabilizados, visando a melhoria dos parâmetros de resistência e de características diversas, para aplicabilidades geotécnicas.

Dentro deste contexto, o presente estudo busca contribuir para uma melhor compreensão do comportamento físico-químico-mecânico-ambiental-microestrutural de compósitos rejeitos-polímeros. Serão estudados os rejeitos de manganês, provenientes das barragens de *Azul* e de *Kalunga*, localizadas no Pará, que estão em fase de projeto de descaracterização pela VALE. Por meio de técnicas de estabilização com polímeros de composições diversas, busca-se a avaliação de parâmetros de compactação dos rejeitos e compósitos, estudo de dosagens, tempos e tipos de cura, bem como aplicabilidades distintas dos compósitos rejeitos-polímeros, tanto para disposição em cavas e para pilhas compactadas, quanto para camadas de pavimentos para vias internas da mineradora.

Ressalta-se que a pesquisa proposta é de caráter experimental, a ser desenvolvida em tempo integral no *Laboratório de Novos Materiais Geotécnicos*, o qual conta com a infraestrutura necessária para o desenvolvimento do tema. Serão executados ensaios convencionais e ensaios especiais, como triaxial monotônico de altas tensões (até 10 MPa) com *Bender Elements*, DSS – *Direct Simple Shear*, triaxial cíclico de cargas repetidas, LWT – *Loaded Whell Test*, analisador de partículas em alta resolução para avaliação morfológica, bem como ensaios químicos, ambientais e de avaliação microestrutural dos compósitos. O tema proposto é uma demanda de pesquisa com financiamento da VALE como parte do projeto de *Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação - PD&I* deste Grupo junto à VALE, em desenvolvimento atualmente.



Proposta de Tema de Dissertação de Mestrado

TEMA 2:

COMPORTAMENTO MECÂNICO DE AMOSTRAS INDEFORMADAS DE REJEITO DE MINERAÇÃO OBTIDAS EM CAMPO E RECONSTITUÍDAS EM LABORATÓRIO

Orientadora: Prof^a Michéle Dal Toé Casagrande

Data: Julho/2026

Resumo do Tema:

Atualmente a geração de rejeitos produzidos pelas estações de beneficiamento de minério apresenta aumentos consideráveis, seja devido à necessidade de explorar minérios com baixo teor de ferro, seja pelo acréscimo das exportações de commodities. Como consequência ao aumento da geração de rejeitos, os projetos que têm em vista alcançar a destinação final dos rejeitos são bastante complexos. Tais projetos precisam levar em consideração a heterogeneidade dos rejeitos e dos processos construtivos das estruturas geotécnicas, e os parâmetros geotécnicos do material, em geral, obtidos através de ensaios de laboratório e de campo. Os ensaios têm por finalidade compreender o comportamento dos rejeitos através de estudos avançados, avaliando as características físicas, químicas e de resistência mecânica dos materiais.

Na última década, a população brasileira vivenciou dois significativos acidentes em barragens para contenção de rejeitos de mineração. Com o objetivo de evitar que novos acidentes ocorram, as barragens construídas pelo método de alteamento a montante estão em processo de descaracterização e descomissionamento. Dessa forma, surge a necessidade de estudar e projetar métodos alternativos de disposição dos rejeitos. Dentre os métodos existentes, destaca-se o empilhamento de rejeitos filtrados, o qual é acompanhado de um rígido controle tecnológico para sua construção, por meio de ensaios em laboratório. Desta forma, o processo de moldagem dos corpos de prova em laboratório do rejeito e sua representatividade no comportamento hidromecânico de campo se torna um desafio contemporâneo a ser investigado.

Dentro deste contexto, o presente estudo busca contribuir para o entendimento do comportamento mecânico de pilhas de rejeito de minério de ferro a partir da análise de comportamento entre amostras indeformadas obtidas em campo e amostras reconstituídas em laboratório, a partir da técnica de *moist tamping*. O estudo proposto dará continuidade à pesquisa desenvolvida por Muniz, M. N. S. (2024), tendo como objetivo central correlacionar os resultados obtidos em laboratório e em campo, verificando assim a variabilidade dos resultados, permitindo uma melhor compreensão do desempenho mecânico à luz da teoria do estado crítico e maior confiabilidade nos dados finais, a fim de caracterizar ganhos na segurança operacional das pilhas de rejeitos.

Ressalta-se que a pesquisa proposta é de caráter experimental, a ser desenvolvida em tempo integral no *Laboratório de Novos Materiais Geotécnicos*, o qual conta com a infraestrutura necessária para o desenvolvimento do tema. Serão executados ensaios convencionais e ensaios especiais, como triaxial monotônico de altas tensões (até 10 MPa) com *Bender Elements*, DSS – *Direct Simple Shear*, analisador de partículas em alta resolução para avaliação morfológica, bem como ensaios químicos, ambientais e de avaliação microestrutural dos materiais estudados. O tema proposto pode sofrer alterações, de acordo com as demandas de pesquisa e financiamento da VALE como parte do projeto de *Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação - PD&I* deste Grupo junto à VALE, em desenvolvimento atualmente.



PROPOSTA DE TEMA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nome do Tema 01:		
Avaliação do Desempenho Geotécnico e Mecânico de Solos Estabilizados Quimicamente Aplicados à Infraestrutura Viária		
Nome do orientador	Titulação:	Departamento, Instituição ou Empresa
Rafael Cerqueira Silva	D.Sc.	PPGG / ENC / FT / UnB
Sumário do Tema:		

A estabilização química de solos constitui uma alternativa para o aproveitamento de materiais locais em obras de infraestrutura de transportes, tanto em estradas não pavimentadas quanto em pavimentos. Entretanto, sua utilização em projetos depende da caracterização geotécnica e mecânica dos materiais e da verificação de sua aplicação nos procedimentos de dimensionamento atualmente adotados no Brasil.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento de diferentes tipos de solos, provenientes principalmente de regiões brasileiras com necessidade de melhoria da infraestrutura de transportes, antes e após a estabilização química. O programa experimental compreenderá ensaios de caracterização, resistência, deformabilidade, módulo de resiliência e deformação permanente, permitindo analisar os efeitos da estabilização sobre o comportamento mecânico dos materiais.

Os resultados serão avaliados quanto à sua aplicação tanto no método tradicional de dimensionamento, baseado no Índice de Suporte Califórnia (CBR), quanto no método mecânico-empírico MeDiNa. Pretende-se verificar como os materiais estabilizados podem ser representados nesses métodos e gerar subsídios técnicos para sua utilização em projetos, caso sua viabilidade seja demonstrada.

A pesquisa compreenderá atividades de laboratório e de campo. Dispõe de infraestrutura para a realização de ensaios geotécnicos desde os mais simples até os ensaios mecânicos. Também serão utilizados dados provenientes de obras e pistas experimentais, podendo haver trechos instrumentados para monitoramento do comportamento das estruturas sob as ações do tráfego e das condições climáticas, permitindo relacionar os resultados laboratoriais ao desempenho observado em campo.

Observação

A escolha deste tema deverá ocorrer exclusivamente por manifestação de interesse do aluno, não precisando ser incluído em eventual distribuição obrigatória de orientandos entre os professores.

Apoio / Financiamento:		
Brasília, DF, 17/07/2026		
Local e Data	Orientador	Coorientador



PROPOSTA DE TEMA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nome do Tema:

Estudo Paramétrico do Comportamento de Fundações em Radier Estaqueado Submetidas a Carregamentos Estáticos e Dinâmicos

Nome do Orientador / Co-Orientador:	Titulação:	Departamento, Instituição ou Empresa
Renato P. Cunha	Ph.D.	ENC / FT / UnB

Sumário do Tema:

O crescente número de edifícios altos e esbeltos construídos no Brasil tem aumentado a importância da compreensão do comportamento das fundações submetidas não apenas a carregamentos estáticos, mas também às ações dinâmicas induzidas pelo vento. Embora o radier estaqueado seja uma solução amplamente empregada em fundações de edifícios de grande porte, ainda existem lacunas quanto à influência dos parâmetros de rigidez da fundação quando submetida a carregamentos variáveis no tempo.

Nesse contexto, esta pesquisa propõe um estudo numérico visando avaliar a influência das propriedades mecânicas do sistema de fundação no desempenho global de radiers estaqueados, contribuindo para o aprimoramento do entendimento da interação solo-fundação em estruturas de grande altura.

Objetivo: Realizar um estudo paramétrico, por meio de modelagem numérica via software FEM 3D (Plaxis ou equivalente), para investigar a influência da rigidez do radier e das estacas no comportamento de radier estaqueados submetidos a carregamentos estáticos e, quando aplicável, dinâmicos representativos das ações do vento.

Metodologia: A pesquisa será desenvolvida exclusivamente por meio de análises numéricas utilizando o método dos elementos finitos. Serão elaborados modelos tridimensionais de radier estaqueado variando parâmetros como espessura e rigidez do radier, rigidez das estacas e características do maciço de solo. Inicialmente serão avaliados carregamentos estáticos e, posteriormente, serão introduzidos carregamentos dinâmicos simplificados para analisar sua influência na resposta da fundação. Os resultados serão comparados em termos de recalques, distribuição de cargas entre radier e estacas, esforços internos e rigidez global do sistema.

Contribuições Esperadas: O principal diferencial desta pesquisa é a incorporação de carregamentos dinâmicos em um estudo paramétrico de radiers estaqueados, tema ainda pouco explorado na literatura nacional. Espera-se fornecer subsídios para projetos mais seguros e eficientes de fundações de edifícios altos, especialmente considerando os efeitos das ações do vento.

Delimitações da Pesquisa: Este trabalho possui caráter exclusivamente numérico, não contemplando ensaios experimentais ou monitoramento de campo. Além disso, não será considerada a interação solo-estrutura envolvendo a superestrutura do edifício, sendo modelado apenas o sistema de fundação. Dessa forma, os resultados estarão restritos à avaliação do comportamento do radier estaqueado sob diferentes configurações de rigidez e condições de carregamento.

Apoio: O aluno envolvido trabalhará diretamente com um aluno de DSc com pesquisa em andamento neste assunto correlato, porém com maior envergadura. Aluno com o mesmo orientador.

REQUISITO OBRIGATÓRIO: Ter participado do curso de FUNDAÇÕES na PG em Geotecnia como aluno regular ou especial, com aprovação, seja este ano ou em anos anteriores



PROPOSTA DE TEMA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nome do Tema:

Avaliação do projeto de climatização de estrutura assente no solo tropical do DF com o uso de sistema geotérmico superficial

Nome do Orientador / Co-Orientador:	Titulação:	Departamento, Instituição ou Empresa
Renato P. Cunha Charles C. P. Chaves	Ph.D. D.Sc.	ENC / FT / UnB IF Goiano / Rio Verde

Sumário do Tema:

Os **Sistemas Geotérmicos Superficiais (SGS)** são compostos pela instalação de trocadores de calor constituídos por tubulações. Esses sistemas podem ser implantados de forma superficial, por meio de redes de tubulações distribuídas nas camadas rasas do solo, ou em profundidade, integrados a fundações profundas, utilizando elementos de fundação convencionais como trocadores de calor.

Tais **Sistemas Geotérmicos Superficiais (SGS)** constituem uma inovadora tecnologia geotérmica superficial que utiliza estruturas acopladas a tubulações de circulação de água (fria ou quente), as quais são associadas a bombas de calor geotérmicas (GSHP) para promover o aquecimento ou o resfriamento de **ambientes, instalações e demais infraestruturas**, por meio da troca de calor com o solo. Embora os SGS existam há cerca de 140 anos, sua aplicação em climatização de superestruturas se iniciou na década de 1980, na Áustria, e desde então se expandiu para diversos países da Europa, Ásia, América do Norte e outros continentes, principalmente impulsionada pela busca por fontes renováveis de energia e pela redução das emissões de carbono. Em sua essência, os SGS utilizam o solo como reservatório térmico para descarga ou recarga de calor, via circuitos conectados por uma bomba tipo GSHP. A tecnologia se destaca por sua elevada eficiência energética (3 x superior comparando com ar-condicionados convencionais), estabilidade, custo de manutenção e baixa variação de umidade, tendo potencial de aplicação em edificações residenciais, comerciais e industriais (ar condicionados, pausterização, fornecimento de água quente, etc). Esta nova tecnologia ainda não é plenamente desenvolvida no Brasil, e não há projetistas ou conhecedores de seu uso na indústria de Engenharia Civil convencional.

Esta dissertação buscará a implementação, o uso e a projeção de diversos cenários de projeto de uma edificação residencial convencional assente em solo tropical do DF. O projeto do sistema de resfriamento desta edificação se utilizará do software PILESIM2 (simulation tool for heating/cooling systems with energy piles or multiple borehole heat exchangers) disponível em sua versão educacional ao Professor. O estudante envolvido aprenderá usar esta ferramenta prática de projeto, simulará cenários de utilização do software para distintas épocas do ano, e se utilizará de parâmetros pré definidos no DF via correlações empíricas estudadas em dissertações anteriores nesta mesma linha de pesquisa (Orozco, 2016 e Souza Jr, 2017). A experiência em outra dissertação de mestrado prática do aluno Caramuto (2023) para o dimensionamento de uma vivenda em Rafaela na província de Santa Fé, Argentina, será também aqui aproveitada no trabalho.

O objetivo do trabalho é o de entendimento térmico de como o projeto da climatização da superestrutura e sua transferência de calor pode ser efetuada de forma prática, utilizando-se de ferramental teórico de simulação geotérmica com parâmetros e procedimentos previamente avaliados por dissertações anteriores (via metodologias empíricas). O apoio do ex-aluno e eng. mecânico Esteban Caramuto será essencial para algumas fases do projeto, como a validação do uso energético da vivenda via software específico (Energy+) e a definição da bomba de calor GHSP mais apropriada.

A revisão bibliográfica do assunto já está praticamente executada com base no pós doutoramento do Orientador (relatório específico) e nas dissertações citadas, e o software e o projeto residencial já estão disponibilizados. Falta o cômputo energético da superestrutura com software específico, o respectivo projeto e variação de cenários de sistemas SGS para a troca de calor com a respectiva GSHP a ser escolhida. Cenários de utilização e o estudo de sensibilidade das variáveis e componentes do sistema (com distintas possibilidades de projeto) serão também aqui avaliados.

REQUISITO OBRIGATÓRIO: Assistir o curso de sistemas geotérmicos superficiais PG 2026-2 Brasília, Julho de 2026 – Prof. Renato P. Cunha