



**Grupo de
Aplicações
Avançadas em
Processos**

Portfólio de Projetos

Profa. Dra. Amanda Lemette Teixeira Brandão

Rio de Janeiro · Setembro 2025

Sumário

Sobre o GAAP	3
Linhas de Pesquisa	4
Pesquisas Desenvolvidas	5
Detecção e Diagnóstico de Falhas em Processos Químicos	5
Detecção Automatizada de Polímeros	6
Modelagem Reversa com Inteligência Artificial Aplicada a Poliolefinas	7
Modelagem de Copolimerizações com Redes PINNs	8
Otimização do Processo de Síntese de Biopolímeros Sustentáveis: Viabilidade Econômica e Ambiental com o Uso de Aprendizagem de Máquina	9
Simulação e Avaliação Técnico-Econômica do Processo de Co-pirólise de Pneus Inservíveis e Biomassas	10
Produção Sustentável de 1,3-Butadieno a partir de Etanol: Simulação e Viabilidade Econômica para Fornecimento à Indústria Automobilística	11
Produção Sustentável de Olefinas Leves: Modelagem, Simulação e Avaliação Técnico-Econômica	12
Produção de Hidrogênio Verde	13
Valorização do Glicerol: Simulação e Avaliação de Produtos Químicos de Interesse Industrial	14
Integração de Inteligência Artificial e Avaliação Técnico-Econômica de Processos	15
Modelagem de Reações de Polimerização	16
Aplicação de Inteligência Artificial na Área de Materiais	17
Publicações de Destaque do GAAP	18
Principais Parceiros	20

Sobre o GAAP

O Grupo de Aplicações Avançadas em Processos (GAAP) é coordenado pela Profa. Dra. Amanda Lemette Teixeira Brandão e está vinculado ao Departamento de Engenharia Química e de Materiais (DEQM) da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Fundado em 2023, o GAAP obteve certificação no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil (DGP/CNPq), consolidando sua atuação em pesquisa acadêmica de excelência.

Em 2025, o grupo foi credenciado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), tornando-se habilitado a realizar atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) com recursos provenientes da Cláusula de Investimento em PD&I, ampliando sua capacidade de cooperação com a indústria e órgãos de fomento.

Atualmente, a equipe é composta por três alunos de graduação, cinco mestrados, cinco doutorandos, um pesquisador visitante e um pesquisador colaborador, refletindo a diversidade e o dinamismo das atividades conduzidas no grupo.

Para conhecer mais sobre o grupo e suas iniciativas, acesse:



<https://www.linkedin.com/company/gaap-pucurio>



<https://www.linkedin.com/in/amandalemette/>



<https://gaap-pucurio.com/>



<https://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/9534591137269507>



amanda.lemette@puc-rio.br



<http://lattes.cnpq.br/5417244739608507>



<https://orcid.org/0000-0001-7602-8980>

Linhas de Pesquisa

O presente documento apresenta as linhas de pesquisa em andamento no Grupo de Aplicações Avançadas em Processos coordenado pela profa. Dra. Amanda Lemette T. Brandão. O GAAP possui expertise avançada em engenharia química, modelagem, simulação e otimização de processos, avaliação do ciclo de vida e avaliação técnico-econômica de processos. Com uma forte expertise em ciência de dados e inteligência artificial, o GAAP se destaca na detecção e diagnóstico de falhas de processos, aplicando modelos de aprendizagem de máquina para problemas de regressão e de classificação.

Linhas Estratégicas aplicadas a processos:

- Modelagem Matemática, Simulação e Otimização;
- Desenvolvimento de Gêmeos Digitais;
- Avaliação de Ciclo de Vida;
- Avaliação Técnico-Econômica;
- Detecção e Diagnóstico de Falhas;
- Ciência de Dados e Inteligência Artificial (análise, integração e suporte à decisão);
- Aprendizagem de Máquina (modelos preditivos e aplicações em processos).

Pesquisas Desenvolvidas

Detecção e Diagnóstico de Falhas em Processos Químicos

Esta linha de pesquisa, apoiada pelo Programa Jovem Cientista do Nosso Estado – 2022 (Edital FAPERJ nº 19/2022), investiga metodologias avançadas de Detecção e Diagnóstico de Falhas (DDF) aplicadas a processos químicos industriais complexos. Trata-se de uma área estratégica dentro do GAAP, na qual diferentes abordagens de modelagem baseadas em dados e inteligência artificial vêm sendo exploradas.

No diagnóstico de falhas, têm sido desenvolvidas arquiteturas de Redes Neurais Convolucionais (CNNs) aplicadas a representações Gramian Angular Summation Fields (GASF), com foco no aperfeiçoamento sistemático de modelos existentes, em vez da simples comparação de múltiplas alternativas. Já no domínio da detecção de falhas, a pesquisa busca explorar novas abordagens que superem os métodos tradicionais, incorporando estratégias de aprendizado por transferência, arquiteturas especializadas e técnicas de estabilização de treinamento, de modo a aumentar a confiabilidade e a escalabilidade das soluções.

Os avanços alcançados já se traduziram em resultados concretos, incluindo uma defesa de doutorado e publicações em periódicos de alto impacto:

- NETO, J. G.; FIGUEIREDO, K.; SOARES, J. B. P.; BRANDÃO, A. L. T. *Can Focusing on One Deep Learning Architecture Improve Fault Diagnosis Performance?* Journal of Chemical Information and Modeling, v. 65, p. 1289-1304, 2025.
- NETO, J. G.; FIGUEIREDO, K.; SOARES, J. B. P.; BRANDÃO, A. L. T. *A Diagnosis-Based Siamese Network for Fault Detection Through Transfer Learning.* Journal of Chemical Information and Modeling, v. 65, p. 6703-6720, 2025.

Detecção Automatizada de Polímeros

Esta linha de pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de metodologias para identificação automatizada de polímeros em resíduos plásticos a partir de espectros de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), empregando técnicas avançadas de aprendizagem de máquina. São investigadas diferentes arquiteturas de modelos, incluindo abordagens baseadas em Transformers (BERT), redes neurais convolucionais (CNNs) e redes recorrentes (LSTM), de modo a ampliar a robustez e a precisão da classificação.

A base de dados utilizada nesta linha é continuamente expandida em parceria com o Prof. Douglas Alexandre Simon (IFRS – campus Farroupilha), e atualmente conta com centenas de espectros de FTIR de polímeros virgens e reciclados. Essa coleção abrange tanto homopolímeros quanto copolímeros, incluindo materiais como polipropileno, politereftalato de etileno, polietileno (baixa e alta densidade), acrilonitrila butadieno estireno, poliestireno, poliuretano termoplástico e poliamidas, representando uma diversidade de classes poliméricas de grande relevância industrial e ambiental.

Entre os resultados já alcançados nesta linha de pesquisa, destaca-se a seguinte publicação:

- NETO, J. G.; SIMON, D. A.; FIGUEIREDO, K. T.; BRANDÃO, A. L. T. *Framework for data-driven polymer characterization from infrared spectra*. *Spectrochimica Acta Part A*, v. 300, p. 122841, 2023.

A pesquisa contribui diretamente para avanços em reciclagem avançada, economia circular e inovação em técnicas de caracterização de materiais, reforçando tanto o potencial de aplicação industrial quanto o impacto ambiental positivo associado à identificação eficiente de polímeros em resíduos plásticos.

Modelagem Reversa com Inteligência Artificial Aplicada a Poliolefinas

Em parceria com o Grupo de Engenharia Macromolecular Aplicada da Universidade de Alberta, coordenado pelo Prof. João Soares, esta linha de pesquisa explora o uso de redes neurais convolucionais para correlacionar propriedades de microestrutura como distribuições de ramificações de cadeia curta (SCBD), de massa molar (MWD) e de composição química (CCD) com condições de polimerização de copolímeros de etileno com α -olefinas e dienos.

O objetivo central é realizar engenharia reversa de processos de polimerização, permitindo tanto a otimização de rotas produtivas quanto o desenvolvimento de materiais com propriedades controladas.

O avanço desta linha contribui diretamente para a aceleração do design de poliolefinas, reduzindo a dependência de etapas experimentais demoradas e favorecendo a criação de materiais sob medida para diferentes aplicações. Além disso, reforça o potencial da inteligência artificial na área de polímeros, aproximando a modelagem de laboratório das demandas reais da indústria química e de materiais.

Modelagem de Copolimerizações com Redes PINNs

Esta linha de pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de metodologias baseadas em *Physics-Informed Neural Networks* (PINNs) para a modelagem de processos de copolimerização. A proposta consiste em integrar propriedades de microestrutura e dados experimentais a modelos cinéticos previamente estabelecidos, de forma a reproduzir variáveis-chave do processo, como a distribuição de massa molar (MWD), a Distribuição de Composição Química (CCD), os perfis de conversão e as massas molares médias numérica e ponderal (M_n e M_w) ao longo do tempo reacional.

O diferencial metodológico está em utilizar o modelo cinético consolidado de ao menos um dos homopolímeros como restrição física inicial no treinamento da rede. Essa estratégia permite guiar o aprendizado da PINN, reduzir a necessidade de grandes quantidades de dados experimentais e aumentar a robustez frente a incertezas.

Trata-se, portanto, de uma abordagem geral e adaptável a diferentes sistemas de copolímeros, não se restringindo a uma classe específica de materiais. O desenvolvimento desta linha contribui para o avanço da modelagem híbrida de processos de polimerização, favorecendo a compreensão fenomenológica e abrindo caminho para o desenvolvimento direcionado de novos materiais poliméricos de interesse industrial, como elastômeros e borrachas especiais.

Otimização do Processo de Síntese de Biopolímeros Sustentáveis: Viabilidade Econômica e Ambiental com o Uso de Aprendizagem de Máquina

Projeto financiado pela FAPERJ (Edital nº 21/2024 – Programa de Apoio ao Jovem Pesquisador Fluminense). O objetivo é investigar a produção sustentável de biopolímeros sintetizados a partir de monômeros de fontes renováveis, como o glicerol bruto, subproduto da produção de biodiesel. A integração de princípios de química verde e biotecnologia permitirá a conversão deste resíduo de baixo valor em biopolímeros de alto valor agregado, contribuindo para a redução da dependência de combustíveis fósseis e promovendo maior sustentabilidade na indústria brasileira de biocombustíveis.

O projeto emprega modelos de aprendizagem de máquina para otimizar o processo de polimerização, prevendo as condições experimentais necessárias para produzir biopolímeros com propriedades específicas e reduzindo a necessidade de testes extensivos. Além disso, será realizada uma Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para garantir alinhamento com os objetivos de sustentabilidade, enquanto simulações no Aspen Plus® e em Python serão usadas para avaliar a viabilidade econômica e ambiental do processo.

Esta pesquisa busca promover o desenvolvimento de biopolímeros de alto desempenho, fornecendo dados técnicos essenciais para a futura produção em larga escala em biorrefinarias de biodiesel.

Simulação e Avaliação Técnico-Econômica do Processo de Co-pirólise de Pneus Inservíveis e Biomassas

Este projeto envolve a modelagem e simulação de processos de co-pirólise de pneus inservíveis e biomassas, utilizando o software Aspen Plus em um design que busca autossuficiência energética por meio da reciclagem do gás produzido. As etapas incluem o desenvolvimento de um modelo cinético capaz de prever a composição dos produtos, a simulação do processo, a automação da avaliação econômica via integração com Python, além da análise dos efeitos de parâmetros operacionais sobre o preço mínimo de venda do óleo de pirólise.

Esta linha contribui para o desenvolvimento de rotas tecnológicas sustentáveis de valorização de resíduos, unindo eficiência energética, viabilidade econômica e reaproveitamento de materiais de difícil destinação.



Produção Sustentável de 1,3-Butadieno a partir de Etanol: Simulação e Viabilidade Econômica para Fornecimento à Indústria Automobilística

Esta pesquisa propõe um processo integrado e sustentável para a produção de 1,3-butadieno a partir de etanol, utilizando catalisadores heterogêneos bifuncionais à base de zircônio suportados em matrizes mesoporosas. O objetivo central é superar as limitações técnicas e ambientais das rotas petroquímicas convencionais baseadas em nafta, caracterizadas por alto consumo energético, elevadas emissões de CO₂ e dependência de recursos fósseis.

A rota investigada envolve uma etapa única de conversão, mais eficiente e alinhada aos princípios da sustentabilidade. A metodologia integra simulação de processos no Aspen HYSYS®, avaliação técnico-econômica preliminar e análise de ciclo de vida (normas ISO 14040/14044). As simulações apontam para conversões de etanol superiores a 90%, seletividade para 1,3-butadieno de até 85% e pureza do produto superior a 97,9%, atendendo aos requisitos da norma ASTM D2593-19.

Como um dos resultados desta linha de pesquisa, destaca-se a seguinte publicação:

- FERREIRA, P. H. G.; DE CARVALHO, R. B.; BRANDÃO, A. L. T. *Modelagem, simulação e avaliação econômica preliminar de uma planta de produção de 1,3-butadieno a partir do bioetanol*. Brazilian Journal of Development, v. 7, p. 84526-84546, 2021.

Produção Sustentável de Olefinas Leves: Modelagem, Simulação e Avaliação Técnico-Econômica

Esta linha de pesquisa busca o desenvolvimento de rotas alternativas e sustentáveis para a produção de olefinas leves, integrando modelagem cinética, simulação de processos, estratégias de recuperação energética e avaliação técnico-econômica e ambiental. O objetivo é investigar processos que conciliem competitividade industrial, eficiência energética e mitigação de emissões de carbono, contribuindo para a transição energética e a descarbonização do setor químico.

No âmbito desta linha, destaca-se o estudo da desidrogenação oxidativa de propano assistida por CO₂ (ODPC), que envolveu a simulação de uma planta com seções de recuperação energética para cogeração e captura de carbono, além da avaliação de diferentes cenários de incentivo à captura de CO₂.

Como um dos resultados desta linha de pesquisa, destaca-se a seguinte publicação:

- ESPINOSA, G. V.; BRANDÃO, A. L. T. *Economic and sustainability evaluation of green CO₂-assisted propane dehydrogenation design*. Digital Chemical Engineering, v. 14, p. 100203, 2025.

Produção de Hidrogênio Verde

Esta linha de pesquisa abrange três eixos principais:

- **Produção e Simulação:** modelagem da produção de hidrogênio verde por eletrólise da água, utilizando fontes renováveis como solar e eólica. O processo é otimizado por meio de simulações em softwares como Aspen Plus, contemplando desde a captação de energia até a purificação e compressão do hidrogênio.
- **Gêmeos Digitais e Otimização Operacional:** aplicação de gêmeos digitais como réplicas virtuais de plantas reais, permitindo monitoramento em tempo real, previsão de desempenho e otimização operacional, especialmente em cenários de alta variabilidade de fontes renováveis. Quando não há acesso a dados reais, a modelagem e simulação detalhadas podem atuar como alternativa ao gêmeo digital, garantindo que as análises de desempenho e otimização continuem sendo viáveis.
- **Avaliação Técnico-Econômica:** cálculo do Custo Nivelado de Hidrogênio (LCoH), considerando CAPEX, OPEX e REPEX, além de análises de sensibilidade para variáveis críticas como o preço da energia renovável no Brasil.

O desenvolvimento desta linha de pesquisa busca fornecer ferramentas técnicas e metodológicas para implantação de projetos de hidrogênio verde mais sustentáveis, eficientes e economicamente viáveis, fortalecendo a inserção do Brasil na transição energética global.

Valorização do Glicerol: Simulação e Avaliação de Produtos Químicos de Interesse Industrial

Esta linha de pesquisa investiga o potencial de valorização do glicerol, subproduto de baixo valor da indústria brasileira de biodiesel, como matéria-prima para a produção de químicos de maior valor agregado. A abordagem combina simulação de processos, princípios de química verde, biotecnologia e análises técnico-econômicas e ambientais, buscando rotas que conciliem sustentabilidade, competitividade industrial e integração em cadeias de biorrefinaria.

Entre os projetos conduzidos nesta linha, destaca-se o estudo da produção de ácido succínico a partir de glicerol, utilizando *Yarrowia lipolytica* como produtora natural. Foram avaliados diferentes cenários, incluindo produção isolada a partir de glicerol bruto, produção a partir de glicerol purificado e integração com usinas de biodiesel. Os resultados apontaram para reduções de até 47% no impacto climático quando se utiliza glicerol bruto em comparação ao puro, além de viabilidade econômica em todos os cenários, com *payback* inferior a sete anos. A integração com usinas de biodiesel mostrou ganhos de competitividade, mas também incremento nas emissões de CO₂, ressaltando a necessidade de otimização energética e de recuperação de solventes.

Como um dos resultados desta linha de pesquisa, destaca-se a publicação:

- ORDÓÑEZ, D. A. R.; STRUNCK, F. J. B. T. L.; DUTRA, L. S.; BRANDÃO, A. L. T. Upcycling glycerol into succinic acid: sustainable integration with biodiesel mills. *Bioresource Technology*, v. 433, p. 132716, 2025.

A valorização do glicerol representa uma estratégia-chave para a economia circular e o desenvolvimento de biorrefinarias sustentáveis, e novas rotas químicas a partir desse insumo continuam sendo investigadas nesta linha de pesquisa.

Integração de Inteligência Artificial e Avaliação Técnico-Econômica de Processos

Esta linha de pesquisa tem como objetivo unir técnicas de inteligência artificial e aprendizagem de máquina a métodos de avaliação técnico-econômica de processos químicos e bioquímicos, de forma a acelerar análises de custo, reduzir incertezas e apoiar a tomada de decisão. A abordagem proposta permite explorar o uso de modelagem híbrida, integrando dados de simulação, informações experimentais e rotinas automatizadas de geração de cenários.

Como exemplo de aplicação, a metodologia já foi explorada em estudos de manufatura em batelada de princípios ativos farmacêuticos (API), nos quais modelos de aprendizagem de máquina foram integrados a simulações de processos para prever custos de produção, estimar o preço mínimo de venda e identificar incertezas e direcionadores críticos de custo.

Essa linha de pesquisa contribui para o desenvolvimento mais ágil e robusto de processos industriais, apoiando estratégias de inovação e eficiência produtiva.

Modelagem de Reações de Polimerização

Esta é uma linha de pesquisa já consolidada no GAAP, que ao longo dos últimos anos resultou em publicações internacionais relevantes sobre modelagem matemática de polimerizações utilizando diferentes abordagens matemáticas, como o método estocástico de Monte Carlo, modelo de Distribuição Instantânea e o Método dos Momentos. Com a simulação desses modelos, é possível prever propriedades microestruturais de polímeros, como a Distribuição de Composição Química (CCD) e a Distribuição de Comprimento de Cadeia (CLD); no caso do Monte Carlo, também é possível obter a Distribuição de Sequência Intramolecular de Comonômeros.

Entre os resultados desta linha, destacam-se as publicações:

- REGO, A. S. C.; BRANDÃO, A. L. T. Parameter Estimation and Kinetic Monte Carlo Simulation of Styrene and n-Butyl Acrylate Copolymerization through ATRP. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v. 60, p. 8396-8408, 2021.
- REGO, A. S. C.; AMARAL, A. M.; BRANDÃO, A. L. T. Monte Carlo simulation of terpolymerization: Optimizing the simulation and post-processing times. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, v. 1, p. 1, 2023.

Atualmente, dentro desta linha de pesquisa, está sendo modelada a copolimerização de acrilamida com ácido acrílico, dando continuidade ao desenvolvimento e aplicação dessas metodologias.

Aplicação de Inteligência Artificial na Área de Materiais

Esta linha de pesquisa explora o uso de aprendizagem de máquina para apoiar a caracterização, a previsão de propriedades e o design de materiais. O objetivo é desenvolver metodologias que integrem bases de dados experimentais com técnicas de aprendizagem de máquina, de modo a prever propriedades, otimizar o desempenho e apoiar o design de materiais. A partir dessa abordagem, busca-se não apenas acelerar análises tradicionalmente complexas e onerosas, mas também criar ferramentas que aumentem a confiabilidade de dimensionamentos estruturais, aprimorem a compreensão de fenômenos físicos e possibilitem a formulação de soluções mais seguras, eficientes e sustentáveis na área de materiais.

Esta linha já resultou em publicações internacionais de alto impacto:

- CONGRO, M.; MOREIRA DE ALENCAR MONTEIRO, V.; DE ANDRADE SILVA, F.; ROEHL, D.; BRANDÃO, A. L. T. A novel hybrid model to design fiber-reinforced shotcrete for tunnel linings. *Tunnelling and Underground Space Technology*, v. 132, p. 104881, 2023.
- TEIXEIRA, M. C.; BRANDÃO, A. L. T.; PARENTE, A. P.; PEREIRA, M. V. Artificial intelligence modeling of ultrasonic fatigue test to predict the temperature increase. *International Journal of Fatigue*, v. 163, p. 106999, 2022.
- CONGRO, M.; MONTEIRO, V. M. A.; BRANDÃO, A. L. T.; SANTOS, B. F.; ROEHL, D.; DE ANDRADE SILVA, F. Prediction of the residual flexural strength of fiber reinforced concrete using artificial neural networks. *Construction and Building Materials*, v. 303, p. 124502, 2021.

Além da produção científica, esta linha conta com parcerias industriais estratégicas. Em colaboração com a empresa Chimica Edile do Brasil, foi desenvolvido um projeto de pesquisa e desenvolvimento voltado à criação de um software/dashboard para predição de propriedades de concretos, integrando análise exploratória de dados, modelos de aprendizagem de máquina e programação.

Publicações de Destaque do GAAP

- ESPINOSA, G. V.; BRANDÃO, A. L. T. *Economic and sustainability evaluation of green CO₂-assisted propane dehydrogenation design*. Digital Chemical Engineering, v. 14, p. 100203, 2025.
- FERREIRA, P. H. G.; DE CARVALHO, R. B.; BRANDÃO, A. L. T. *Modelagem, simulação e avaliação econômica preliminar de uma planta de produção de 1,3-butadieno a partir do bioetanol*. Brazilian Journal of Development, v. 7, p. 84526-84546, 2021.
- NETO, J. G.; FIGUEIREDO, K.; SOARES, J. B. P.; BRANDÃO, A. L. T. *Can Focusing on One Deep Learning Architecture Improve Fault Diagnosis Performance?* Journal of Chemical Information and Modeling, v. 65, p. 1289-1304, 2025.
- NETO, J. G.; FIGUEIREDO, K.; SOARES, J. B. P.; BRANDÃO, A. L. T. *A Diagnosis-Based Siamese Network for Fault Detection Through Transfer Learning*. Journal of Chemical Information and Modeling, v. 65, p. 6703-6720, 2025.
- NETO, J. G.; SIMON, D. A.; FIGUEIREDO, K. T.; BRANDÃO, A. L. T. *Framework for data-driven polymer characterization from infrared spectra*. Spectrochimica Acta Part A, v. 300, p. 122841, 2023.
- ORDÓÑEZ, D. A. R.; STRUNCK, F. J. B. T. L.; DUTRA, L. S.; BRANDÃO, A. L. T. *Upcycling glycerol into succinic acid: sustainable integration with biodiesel mills*. Bioresource Technology, v. 433, p. 132716, 2025.
- REGO, A. S. C.; AMARAL, A. M.; BRANDÃO, A. L. T. Monte Carlo simulation of terpolymerization: Optimizing the simulation and post-processing times. Canadian Journal of Chemical Engineering, v. 1, p. 1, 2023.
- REGO, A. S. C.; BRANDÃO, A. L. T. Parameter Estimation and Kinetic Monte Carlo Simulation of Styrene and n-Butyl Acrylate Copolymerization through ATRP. Industrial & Engineering Chemistry Research, v. 60, p. 8396-8408, 2021.
- CONGRO, M.; MOREIRA DE ALENCAR MONTEIRO, V.; DE ANDRADE SILVA, F.; ROEHL, D.; BRANDÃO, A. L. T. A novel hybrid model to design fiber-reinforced shotcrete for tunnel linings. Tunnelling and Underground Space Technology, v. 132, p. 104881, 2023.

- TEIXEIRA, M. C.; BRANDÃO, A. L. T.; PARENTE, A. P.; PEREIRA, M. V. Artificial intelligence modeling of ultrasonic fatigue test to predict the temperature increase. *International Journal of Fatigue*, v. 163, p. 106999, 2022.
- CONGRO, M.; MONTEIRO, V. M. A.; BRANDÃO, A. L. T.; SANTOS, B. F.; ROEHL, D.; DE ANDRADE SILVA, F. Prediction of the residual flexural strength of fiber reinforced concrete using artificial neural networks. *Construction and Building Materials*, v. 303, p. 124502, 2021.

Principais Parceiros

