

DA ACADEMIA À INDÚSTRIA: UMA TRAJETÓRIA DE INOVAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA - ENTREVISTA COM O PROFESSOR FERNANDO LUIZ PELLEGRINI PESSOA

FROM ACADEMIA TO INDUSTRY: A JOURNEY OF INNOVATION IN CHEMICAL ENGINEERING - INTERVIEW WITH PROFESSOR FERNANDO LUIZ PELLEGRINI PESSOA

Dr. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa
Professor Titular SENAI CIMATEC. Brazil.

Luis Alcides Brandini De Boni*
Araucária Scientific Association. Brazil

* *Corresponding author*
e-mail: labdeboni@gmail.com

Recebido em 25 de Agosto de 2024 – A versão 1.0 da transcrição foi concluída em Novembro de 2024.



NOTA: Versão da transcrição e da tradução. 1.0.

Prezados amigos, a transcrição da entrevista foi feita por máquina e posteriormente revisada. Temos consciência de que existem imperfeições. Se você deseja colaborar com melhorias, entre em contato conosco pelo e-mail journal.tq@gmail.com.

<https://youtu.be/4Htl-8W8Crw?si=R81XKOU5VqG3nMJO>

RESUMO:

Introdução: A entrevista com o Professor Dr. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa aborda sua extensa carreira e contribuições para a engenharia química, focando em inovações e sustentabilidade. **Objetivos:** Explorar as experiências do Professor Pellegrini em diversas áreas da engenharia química, incluindo métodos de ensino, pesquisa em extração supercrítica, produção de biodiesel e intensificação de processos. **Métodos:** Entrevista semiestruturada abordando tópicos como carreira acadêmica e industrial, métodos de ensino, pesquisas em andamento e perspectivas futuras para a indústria química. **Resultados:** O Professor Pellegrini destacou a importância da aplicação prática do conhecimento teórico, o desenvolvimento do método Diagrama de Fontes de Água, avanços em extração supercrítica e produção de biodiesel, além da necessidade de intensificação de processos na indústria. **Discussão:** A entrevista revelou a importância da integração entre academia e indústria, a necessidade de métodos de ensino que facilitem o aprendizado, e os desafios na implementação de tecnologias sustentáveis e eficientes na indústria química. **Conclusão:** O Professor Pellegrini enfatiza a importância da intensificação de processos e da sustentabilidade na evolução da indústria química. Ele destaca a necessidade de maior colaboração entre academia e indústria para enfrentar os desafios futuros e implementar soluções inovadoras.

Palavras-chave: *Engenharia Química, Intensificação de Processos, Fluidos Supercríticos, Diagrama de Fontes de Água, Sustentabilidade Industrial.*

ABSTRACT

Background: The interview with Professor Dr. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa covers his extensive career and contributions to chemical engineering, focusing on innovations and sustainability. **Objectives:** To explore Professor Pellegrini's experiences in various areas of chemical engineering, including teaching methods, research in supercritical extraction, biodiesel production, and process intensification. **Methods:** Semi-structured interview addressing topics such as academic and industrial career, teaching methods, ongoing research, and future

perspectives for the chemical industry. **Results:** Professor Pellegrini highlighted the importance of practical application of theoretical knowledge, the development of the Water Source Diagram method, advances in supercritical extraction and biodiesel production, and the need for process intensification in the industry. **Discussion:** The interview revealed the importance of integration between academia and industry, the need for teaching methods that facilitate learning, and the challenges in implementing sustainable and efficient technologies in the chemical industry. **Conclusion:** Professor Pellegrini emphasizes the importance of process intensification and sustainability in the evolution of the chemical industry. He highlights the need for greater collaboration between academia and industry to address future challenges and implement innovative solutions.

Keywords: *Chemical Engineering, Process Intensification, Supercritical Fluids, Water Source Diagram, Industrial Sustainability.*

Entrevistador: Hoje, temos a honra de conversar com o Professor Dr. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa. Professor, o senhor poderia fazer uma breve apresentação da sua carreira?



Dr. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa.

Prof. Pellegrini: Considero minha carreira começando há 17 anos, ministrando aulas para cursinho pré-vestibular. Na verdade, eu montava os cursos e chamava os alunos do primeiro ano. Eu estava no segundo ano científico naquele tempo, então chamava o pessoal da oitava série para ganhar um trocado. Foi aí que me apaixonei mesmo pela área acadêmica.

Fiz o vestibular - no meu tempo era vestibular - passei em Engenharia Química na UFBA (Universidade Federal da Bahia). Cursei Engenharia Química, fiz o curso da Petrobras,

mas pedi para sair para não ficar atrelado ao emprego na empresa. Fui fazer o mestrado na COPPE/UFRJ. Depois dos créditos, ingressei na UFBA num projeto grande da FINEP com a UFBA e, na época, COPENE (hoje Braskem) para o desenvolvimento de simulador.

Fiquei na UFBA durante 3 anos e meio ministrando aula, desenvolvendo pesquisa, e até fui coordenador desse projeto ao longo de 2 anos. Após esse período, pedi para sair dessa parte de pesquisa. Não tinha terminado o meu mestrado porque você se envolve em bastante atividade.

Em 1986, coloquei uma empresa de consultoria e desenvolvimento de *software*. Essa empresa pegou dois projetos, mas um colega preferiu ir para o Rio, então fechamos a empresa e eu entrei para o Polo Petroquímico, onde trabalhei 5 anos e meio a 6 anos. Foi na hoje Braskem Vinílicos, era Companhia Petroquímica de Camaçari, produção de policloreto de vinila (PVC). Trabalhei muito na área de otimização do monocloreto de vinila. Chegamos a dar uma economia de 2 milhões de dólares por ano otimizando todo o processo.

Fiz o doutorado na área de termodinâmica. Trabalhei com o pessoal da Dinamarca, os inventores do UNIFAC, Rasmussen e Fredenslund (UNIquac Functional-group Activity Coefficients). Fiquei 1 ano e meio na Dinamarca. Voltei para a empresa, pedi demissão porque eu queria ingressar na vida acadêmica.

Me inscrevi em três concursos diferentes: UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) em engenharia de processo, UFF (Universidade Federal Fluminense) em biotecnologia, e na Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) em fenômenos de transporte. O concurso da UFRJ aconteceu primeiro, passei e fiquei trabalhando lá durante 28, 29 anos. Saí como professor titular.

Ao longo desse tempo, participei de vários projetos. Hoje tenho 160 e poucos alunos de mestrado e doutorado que defenderam. É uma marca que considero importante, pois o principal objetivo é formar pessoas. Espero chegar a 200. Faltam pouco mais de 40. Se continuar nesse ritmo, dá mais uns 10, 15 anos. Aos 85 anos é minha meta parar, e depois ficar só escrevendo livros.

Na UFRJ, tenho muitos artigos publicados em revistas e congressos. Em congressos nem coloco mais, tem mais de 600 trabalhos. Em revistas, deve ter 200 e poucos. Não sei ao certo, os alunos que acompanham isso. Tenho um aluno que faz esse controle para mim, recebe uma bolsinha paga particularmente por mim.

Depois me aposentei. Saiu uma regra aqui no Brasil em que a soma do tempo trabalhado, do tempo de INSS, com sua idade acima de 90 anos, uma regra que foi logo no começo. Como comecei a assinar minha carteira de trabalho cedo, somei e decidi que era hora de mudar de ares. Parti para fazer concursos de professor visitante. Fui aprovado tanto na UFBA como na Federal de Pernambuco.

Como minha família é toda de Salvador, Bahia, acabei voltando para Salvador. Numa dessas vindas, já estava aprovado na UFBA (Universidade Federal da Bahia), tinha escolhido ficar na Federal da Bahia, que é minha terra. Aí surgiu o CIMATEC. Alguém me convidou para conversar com a diretoria do CIMATEC. Me encantei com as ideias, que eram bem diferentes da Universidade Federal. No CIMATEC, além de fazer pesquisa básica, o objetivo principal é voltar os resultados para a indústria diretamente. É muito mais pesquisa aplicada, não fica na prateleira, você tem que aplicar. O SENAI CIMATEC é feito para as indústrias.

Estou há 7 anos como professor titular aqui. Temos doutorado e mestrado. O doutorado, há dois anos atrás, conseguimos passar para nota 6. Era 5, então é um doutorado de excelência. Temos bons alunos e o bom é que tudo que fazemos tem que aplicar. O que falamos é que tem que chegar à maturidade tecnológica, ou TRL (*Technology Readiness Level*), em torno de 8-9. Esse é o objetivo.

Technology Readiness Level: Foi originalmente desenvolvida pela NASA e hoje é amplamente utilizada em várias áreas.

A escala vai de 1 a 9, onde:

TRL 1: Princípios básicos observados e reportados
TRL 2: Conceito da tecnologia formulado
TRL 3: Prova de conceito experimental
TRL 4: Validação da tecnologia em ambiente de laboratório
TRL 5: Validação da tecnologia em ambiente relevante
TRL 6: Demonstração em ambiente relevante
TRL 7: Demonstração do protótipo em ambiente operacional
TRL 8: Sistema completo qualificado
TRL 9: Sistema real comprovado em ambiente operacional

No contexto, quando é mencionado "TRL 8-9", isso significa que o objetivo é chegar a um nível onde a tecnologia está praticamente pronta para uso comercial ou implementação real, com o sistema já testado, qualificado e comprovado em ambiente operacional.

Entrevistador: Professor, antes de iniciar nossa entrevista propriamente dita, preciso fazer alguns comunicados:

1. A nossa entrevista será disponibilizada sob uma licença Creative Commons;
2. A transcrição em português será publicada pelo Periódico Tchê Química, e em inglês no *Southern Journal of Sciences*. Também iremos disponibilizar nosso vídeo com uma emissora local de televisão;
3. A duração estimada da nossa entrevista é de aproximadamente 45 minutos;
4. Eu não sou um repórter profissional.

Professor, começando nossas perguntas: O senhor teve uma carreira bastante diversificada, abrangendo tanto trabalho acadêmico quanto na indústria. Como essa combinação de experiências moldou sua abordagem à educação e pesquisa em engenharia?

Prof. Pellegrini: Isso facilitou bastante, porque tenho algumas disciplinas ou linhas de trabalho de preferência: termodinâmica e engenharia de processo ou engenharia de sistemas em processo. Tenho esse número todo de alunos que defenderam porque quando

ministro aula, apresento os casos que passei na indústria. Digo: "Apliquei termodinâmica nisso. Só usando o equilíbrio de fases, estudei e dei uma economia de X mil reais". Na engenharia de sistema e processo, mostro como otimizei determinados processos.

Mostro os casos práticos em que apliquei toda a teoria. Por isso os alunos gostam de escolher minhas orientações. Eles têm aquela ideia: "Já que vou estudar toda essa teoria, onde vou aplicar?". Isso me ajudou muito, inclusive a focar nos problemas industriais. Sempre que pego material para estudar ou revisar, ou um artigo, penso: "Como vou aplicar isso industrialmente? Como vou aplicar isso na prática?"

Isso facilita o caminho de montar uma aula. Reviso minhas aulas todo semestre. O pessoal até brinca: "*Professor, você já está ministrando aula há 40 anos, por que vai revisar?*". Respondo: "*Reviso porque tem coisa nova, tem assunto novo*". Tem estudo termodinâmico que posso aplicar, por exemplo, para saúde. Às vezes dou exemplos aplicando a colírio para catarata. Vou me atualizando das aplicações dessas áreas na prática.

Isso muda tanto a forma de pensar como de orientar. Todas as teses e dissertações que oriento têm sempre o capítulo de aplicação prática. Quando é pesquisa básica, indicamos: "Olha, isso daqui pode chegar a isso". Quando é pesquisa aplicada, mostro um caso industrial real.

Entrevistador: Como professor no SENAI CIMATEC (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia), quais métodos de ensino inovadores o senhor implementou para preparar os alunos para os desafios em evolução na engenharia química?

Prof. Pellegrini: Na verdade, não estudei nenhum método desses inovadores que apareceram. Já fazia mais ou menos desde que comecei. Gostava muito de trabalhar a partir de um determinado projeto, um tema. Por exemplo, na aula de termodinâmica na UFRJ, que tem quatro cursos na Escola de Química - Engenharia de Alimentos, Engenharia de Bioprocessos, Química Industrial e Engenharia Química - dividia a turma nessas quatro áreas e já começava oferecendo um projeto para os grupos. Na área de saúde, a termodinâmica aplicada à engenharia de bioprocessos, purificação de proteína. Toda a

disciplina era discutida em cima desses projetos. Hoje gosto muito de dar aula online. Para algumas disciplinas, principalmente quando é uma aula expositiva, funciona bem. Algumas aulas eu gosto sempre de uma parte que é dedução, aí prefiro a sala de aula e o quadro. Sou do tempo antigo ainda, gosto de colocar minhas derivadas e integrais no quadro.

Falo para os alunos: "*Todo o curso que ministramos, seja mestrado ou doutorado, tem uma parte informativa e uma parte formativa*". A parte formativa é fundamental. Forço os alunos a estudarem, mas falo sempre no primeiro dia de aula: "*Minha preocupação é dar uma boa aula e estar disponível para vocês discutirem comigo, mas a preocupação de estudar é de vocês*".

Dou meu exemplo: meu curso de Engenharia Química não teve Transferência de Massa. Quando fui fazer mestrado e doutorado, como tendi para a termodinâmica e engenharia de processo, tive só o curso básico. Hoje tenho vários livros de Transferência de Massa porque sempre preciso estudar quando aparece um projeto nessa área.

Recomendo aos meus alunos que estudem Paulo Freire, porque a ideia dele sobre alfabetização pode ser aplicada na sala de aula, trazendo o ambiente da sala de aula e adequando a aula àquele ambiente para eles aprenderem mais. E também Augusto Boal, com o Teatro do Oprimido, que fazia com que o público fizesse parte da peça.

Entrevistador: Professor, o senhor foi reconhecido como pesquisador nível 1A pelo CNPq. Que conselho daria aos jovens pesquisadores que aspiram a alcançar esse nível de excelência?

Prof. Pellegrini: Essa é uma pergunta que eu poderia responder de forma bonita ou pragmática. A forma pragmática é você seguir as regras. O CNPq até lançou essa semana as novas regras. Não vai ter mais pesquisador 1A, vai ser pesquisador A, B e C. As regras estão bem claras e discriminadas. Cada comitê adequa suas ideias. Sendo pragmático, é seguir aquilo porque você quer ganhar bolsa. É ter tantas publicações em revista de fatores de impacto alto.

Tenho um ex-aluno, hoje excelente pesquisador reconhecido mundialmente, que foi pragmático. Ele seguiu todas as regras e

conseguiu o que ninguém tinha. Mas eu nunca fiz isso. Eu simplesmente disse: "É consequência". Sou muito utópico mesmo, gosto muito de sonhar. Disse: "*Vou publicar, vou fazer o que é minha obrigação, que foi pago pelo governo*".

Como recebi bolsa do governo durante mestrado, doutorado e pós-doutorado, tenho que devolver à sociedade. Não ligava muito para isso pragmático. Gosto muito de ministrar aula, palestra. Minha função principal é formar os alunos. E minha pesquisa me ajuda a preparar minhas aulas, porque sem ela não consigo ter conhecimento, estar no estado da arte para poder dar uma boa aula.

Entrevistador: O seu trabalho em extração com fluido supercrítico tem sido extenso. O senhor poderia destacar um momento de avanço nessa pesquisa que particularmente o entusiasmou?



Imagem: Laboratório para extração com fluido supercrítico.

Fonte da imagem: gerada por IA em runwayml.com.

Prof. Pellegrini: O momento foi minha primeira orientação de doutorado, do hoje professor Silvio Vieira de Melo. Foi logo que entrei na UFRJ. Quando saí de Salvador definitivamente, eu trabalhava na petroquímica. Quando cheguei ao Rio, não tinha nada disso. Hoje tem o pré-sal, mas não tinha naquele tempo.

Como passei no concurso de engenharia de processo, depois de uma longa pesquisa, percebi que precisava aplicar em produtos naturais. Fiz um levantamento do que tinha na região do Rio que eu poderia agregar valor. Na época, quem começou a trabalhar com extração supercrítica no Brasil foi a professora Maria Ângela Meireles da UNICAMP. Ela tinha a parte

experimental, sendo de engenharia de alimentos. Falei com o Silvio: "Vamos trabalhar na parte de engenharia de processo voltado para a extração supercrítica".

A extração supercrítica é usada hoje para purificar, extrair vários fármacos, várias biomoléculas de forma pura. Para fármacos, precisa ter uma pureza de 99,9999%, e o fluido supercrítico consegue dar essa pureza. Depois veio a parte de desasfaltação do petróleo, usando propano supercrítico junto com CO₂.

Com o pré-sal, onde você chega até 80% de CO₂ nos campos, tudo supercrítico na pressão de 700 bar e temperatura 100-120°C, surgiu um problema de corrosão. O fluido supercrítico, principalmente o CO₂, quando chega nessa condição, a constante dielétrica, que é praticamente zero nas condições ambiente, vai para 78, próximo à da água. Se a água nesse nível consegue dissociar os sais, o CO₂ também consegue, causando corrosão.

Hoje continuo trabalhando com fluido supercrítico. No CIMATEC dou apoio ao grupo de alimentos nessa área. Temos um equipamento pequeno, mas conseguimos ver a curva de extração e fazer escalonamento. Tem futuro principalmente porque o CO₂ é um solvente verde. No futuro, a captura de CO₂ para uso como fluido supercrítico será importante.

Na Amazônia, por exemplo, tem lugares onde se gasta 3 a 4 litros de diesel para o pessoal na comunidade gastar 1 litro de diesel. Se você fizer uma biorrefinaria bem estruturada, olhando para o meio ambiente, pode tirar produtos da selva Amazônica de alto valor agregado e com o resíduo produzir biocombustível, agregando valor àquela população sem atacar o meio ambiente.

Entrevistador: O método Diagrama de Fontes de Água que o senhor desenvolveu parece crucial para a gestão de água. Como o senhor vê essa ferramenta evoluindo para enfrentar os futuros desafios de escassez de água?



Imagem: Representação de uma biorrefinaria.

Fonte da imagem: gerada por IA em ideogram.ai.

Prof. Pellegrini: Foi um método interessante, baseado na teoria Pinch de água. Quando tentávamos aplicar para multicontaminante, não dava certo. Conversei com o professor Zempieri da UNICAMP, que fez doutorado com o grupo do Linnhoff na UMIST. Ele confirmou que realmente não funcionava.

O método surgiu quando eu tinha uma aluna que orientava. Saiu um trabalho do professor Henrique Matos do Instituto Superior Técnico dando uma ideia. Minha aluna começou: "Se eu fizer dessa maneira aqui, funciona". Na época eu estava de licença médica, e comecei a desenvolver o método.

Começamos a aplicar em várias indústrias: papel, petroquímica, entre outras. Quanto à escassez de água, a indústria gasta uma grande quantidade de água potável. A transição energética no Brasil tem que passar por um aumento da eficiência energética do parque tecnológico brasileiro. Precisamos otimizar o que temos, pois o custo será bem menor com essa otimização.

Quando falamos de água, está envolvida energia. Quando otimizamos, já contribuimos para a descarbonização. Estamos tentando desenvolver um programa computacional para o Diagrama de Fontes de Água. Já temos duas dissertações de mestrado que desenvolveram

versões em Excel VBA e C++, mas queremos algo profissional.

Entrevistador: Como o senhor vê a indústria química evoluindo na próxima década para atender às metas de sustentabilidade?

Prof. Pellegrini: Primeiro, a indústria tem que acreditar na intensificação de processo. O método que gosto é o desenvolvido na Dinamarca, na Universidade de Lyngby. Ele analisa todo o fluxograma de processo, quebra em equipamentos, vê a função de cada um e os fenômenos envolvidos.

O objetivo da intensificação hoje é minimizar o impacto ambiental, diminuir o tamanho da planta mantendo a mesma capacidade nominal - reduzindo CAPEX (*Capital Expenditure* - Despesas de Capital) e OPEX (*Operational Expenditure* - Despesas Operacionais) - e melhorar o impacto social. Estamos trabalhando no CIMATEC com métricas sociais, pois cada região tem sua própria característica.

Um problema é que mesmo dentro da academia, muitos colegas não acreditam na intensificação ou não a conhecem. Se o próprio pessoal da academia não acredita, como vai passar esse conhecimento para a indústria? É uma comunidade relativamente pequena.

Tive uma experiência interessante numa mesa redonda com uma diretora de empresa estrangeira de petróleo. Quando apresentei sobre termodinâmica, ela disse que "entalpia e entropia não serviam para nada". Expliquei que até na gestão esses conceitos são fundamentais. Quando perguntei se ela aplicaria os conhecimentos da academia em seu país de origem sem a obrigatoriedade da participação especial, ela foi sincera: "Não aplicaria".

No SENAI CIMATEC, temos uma abordagem diferente. Quando surge um projeto, passa por uma equipe especializada em negociação. Antes, na universidade, eu cobrava valores muito baixos. Uma vez cobrei R\$ 37.000 por um projeto de integração energética que uma empresa inglesa depois revelou ter cobrado R\$ 460.000.

Entrevistador: Em nome da Segunda Conferência Científica do Sul, gostaria de expressar nossa sincera gratidão pela sua participação e por compartilhar seus valiosos

conhecimentos e experiências conosco. Sua contribuição é extremamente importante para o avanço da Ciência e Tecnologia em nossa região e no nosso país.

Prof. Pellegrini: Agradeço a você. Foi muito bom. Falei um monte de coisa que há muito tempo não falava. Pessoal até brinca que sou bicho do mato, que fico só estudando, mas faço outras coisas, gosto de cinema. Foi um prazer participar.

Entrevistador: Muito obrigado, Professor. Um bom dia.

Prof. Pellegrini: Bom dia para você também.

- São gastos recorrentes necessários para manter as operações em funcionamento.
- Incluem despesas como manutenção, matéria-prima, energia, licenças de software (SaaS) e custos de marketing.
- Normalmente, esses gastos são registrados no demonstrativo de resultados e impactam o lucro diretamente no período em que ocorrem.

Exemplo:

Pagamento de contas de energia elétrica ou manutenção de equipamentos já existentes.

Auxílio para definições:

CAPEX (Capital Expenditure - Despesas de Capital):

Refere-se aos gastos que uma empresa realiza para adquirir, melhorar ou manter ativos físicos de longo prazo, como propriedades, equipamentos ou infraestrutura.

Características principais:

- São investimentos que geralmente trazem benefícios ao longo do tempo.
- Incluem compras de máquinas, construção de fábricas, aquisição de terrenos, entre outros.
- Normalmente, esses gastos são registrados no balanço patrimonial como ativos e são depreciados ou amortizados ao longo do tempo.

Exemplo:

Compra de um maquinário novo para uma fábrica ou construção de um novo escritório.

OPEX (Operational Expenditure - Despesas Operacionais):

Refere-se aos custos relacionados às operações diárias de uma empresa, como salários, aluguel, e contas de serviços públicos.

Características principais:

DECLARAÇÕES

1. Limitações: A entrevista limita-se ao seu conteúdo.

2. Fonte de financiamento: O anfitrião financiou esta entrevista.

3. Conflitos de interesses: O anfitrião trabalha para a revista há muitos anos e isso pode ter influenciado a entrevista.

4. Acesso aberto: Este artigo está licenciado sob uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0 (CC BY 4.0), que permite o uso, compartilhamento, adaptação, distribuição e reprodução em qualquer meio ou formato, desde que você dê o devido crédito ao autor(es) original(ais) e a fonte, fornecer um link para a licença Creative Commons e indicar se alterações foram feitas. As imagens ou outros materiais de terceiros neste artigo estão incluídos na licença Creative Commons do artigo, a menos que indicado de outra forma em uma linha de crédito ao material. Se o material não estiver incluído na licença Creative Commons do artigo e o uso pretendido não for permitido por regulamentação legal ou exceder o uso permitido, você precisará obter permissão diretamente do detentor dos direitos autorais. Para visualizar uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
