



**Impactos das
Tecnologias na
Engenharia Química**

**Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)**

Atena
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Química

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

134	Impactos das tecnologias na engenharia química [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 1) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-237-1 DOI 10.22533/at.ed.371190304 1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série. CDD 660.76
-----	--

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Inovações tecnológicas surgem a todo o momento, em todo o mundo, sendo utilizadas como uma ferramenta estratégica para manutenção e crescimento dos negócios nas indústrias. A Engenharia Química foi uma das carreiras que mais contribuiu para a evolução da Era Industrial para a Era Moderna.

A preocupação em desenvolver produtos e processos de produção torna a Engenharia Química responsável por pesquisas e projetos em relação aos materiais que passam por mudanças físicas e químicas, adquirindo outras características.

A Engenharia Química trabalha com a manipulação de compostos e substâncias para se criar novos produtos. Estes produtos proporcionam uma melhoria na qualidade de vida humana, pois além de pesquisas relacionadas, existe a preocupação em viabilizar as invenções, criar métodos baratos e eficientes de fabricação em massa, implementando processos químico-industriais cada vez melhores, mais econômicos e mais ecológicos.

Neste primeiro volume, organizado para você, apresentamos o papel do Engenheiro Químico no mercado de trabalho, pois este aplica conhecimentos adquiridos no estudo de Química e de Engenharia para criar soluções voltadas à produção ou ao uso de substâncias químicas. É o profissional que constrói um elo entre a ciência e a manufatura. Cabe ao engenheiro químico lidar com a formulação e a solução de problemas associados à indústria química, bem como trabalhar na operação e manutenção de sistemas. Também são expostos, neste volume, trabalhos relacionados ao ensino teórico e prático de Engenharia Química.

Além disso, encontram-se trabalhos relacionados com aplicações estatísticas, simulações e otimização de processos para melhoria de utilização de produtos e subprodutos. Assim como são expostos trabalhos de caracterização de materiais e alterações em processos químicos utilizando novas técnicas de análise de produto, avaliando comportamento, característica de sistemas, propriedades físico-químicas e alteração de composição de produtos já utilizados no mercado.

Baseado nestes trabalhos, convidamos você a aperfeiçoar seus conhecimentos na área da Engenharia Química. Os trabalhos selecionados oportunizam uma nova visão de materiais, processos e técnicas na área, mostrando o impacto tecnológico no desenvolvimento da indústria e sua relação direta com a sociedade e meio ambiente.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
O PAPEL DO ENGENHEIRO QUÍMICO NO MERCADO DE TRABALHO: PRODUÇÃO DE UM GUIA PRÁTICO DIGITAL DESTINADO AOS GRADUANDOS E DEMAIS INTERESSADOS NA PROFISSÃO	
Raphael Carlos Rosa Pereira Eder Dias da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3711903041	
CAPÍTULO 2	8
GAMEQ: JOGO PARA O ENSINO NA ENGENHARIA QUIMICA	
Riccardo Cafagna Miguel do Valle Fróes Negreiros Falcão Felipe Emmanouil Martires Stamoglou Ana Lucia Barbosa de Souza Ewerton Emmanuel da Silva Calixto Fernando Luiz Pellegrini Pessoa	
DOI 10.22533/at.ed.3711903042	
CAPÍTULO 3	17
ELABORAÇÃO E AUTOMAÇÃO DE PROTÓTIPO DE REATOR CSTR CONSTRUÍDO COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO VOLTADO À EDUCAÇÃO DE ENGENHARIA QUÍMICA	
Cristiane Daliassi Ramos de Souza Sauro Franceschi de Carvalho Emeson de Souza Lemos Kevelyn Carolina Motta Sbravati	
DOI 10.22533/at.ed.3711903043	
CAPÍTULO 4	27
PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE MÓDULO CONTÍNUO A PARTIR DE MATERIAIS DE BAIXO CUSTO COMO IMPLEMENTAÇÃO DO ENSINO EXPERIMENTAL DE ENGENHARIA QUÍMICA	
Cristiane Daliassi Ramos de Souza Igor Moraes Bezerra Calixto Sauro Franceschi de Carvalho Matheus Macedo Teixeira Rafaela Misseia Cinque de Lima Marco Antônio de Alcântara Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.3711903044	
CAPÍTULO 5	36
O SIMULADOR DO FUTURO APLICADO À INDÚSTRIA	
Fernanda Martins	
DOI 10.22533/at.ed.3711903045	
CAPÍTULO 6	43
TERMODINÂMICA QUÍMICA – COMPREENDENDO DE FORÇAS INTERMOLECULARES A COEFICIENTE DE ATIVIDADE	
Lisandra Ferreira de Lima Admilson Lopes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.3711903046	

CAPÍTULO 7	53
DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO DE SOLVENTES EUTÉTICOS PROFUNDOS (DES) EMPREGANDO A CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)	
Helena Pletsch Mariana Carolina Gipiela Corrêa Dias Marcos Rogério Mafra	
DOI 10.22533/at.ed.3711903047	
CAPÍTULO 8	59
ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE FALHAS POR TÉCNICAS ESTATÍSTICAS APLICADAS A SISTEMAS DE BOMBEAMENTO HIDRÁULICO	
Rebeca Albino de Jesus Ezequiel José da Silva Honorato Fábio George Nogueira Cruz José Nilton Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3711903048	
CAPÍTULO 9	73
COMPARAÇÃO DE PERFIS DE VELOCIDADE OBTIDOS POR TUBO DE PITOT E POR SOFTWARE DE SIMULAÇÃO ANSYS CFX	
Victor Felipe Arthur Coutinho Ladeia Rosilanny Soares Carvalho Anna Clara Marques de Queiroz João Carlos Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.3711903049	
CAPÍTULO 10	80
ENGENHARIA DE PROCESSOS: DIMENSIONAMENTO, SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE SISTEMAS DE EVAPORAÇÃO MÚLTIPLO EFEITO DE INDÚSTRIAS DE CELULOSE <i>KRAFT</i>	
Jamilly Marques Gasparoni Cássia Regina Santos Nunes Almeida Gustavo Matheus de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.37119030410	
CAPÍTULO 11	96
PROJETO DE HIDROCICLONES USANDO OTIMIZAÇÃO ROBUSTA E ESTUDO DO EFEITO DA ROBUSTEZ	
Vitor Alves Garcia Fran Sérgio Lobato Luiz Gustavo Martins Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.37119030411	
CAPÍTULO 12	111
SELEÇÃO DE VARIÁVEIS E CONTROLE DE COMPOSIÇÃO POR INFERÊNCIA DE TEMPERATURA EM PROCESSO PRODUTIVO DO ETILBENZENO	
Arioston Araújo de Moraes Júnior Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas Paulo Romero de Araujo Mariz Emanuella Francisca de Lacerda Vieira Marcelo da Silva Pedro Jonas Laedson Marinho da Silva Santos	
DOI 10.22533/at.ed.37119030412	

CAPÍTULO 13	119
INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE PH, TEMPERATURA E TEMPO DE VAPORIZAÇÃO NO PROCESSO DE TINGIMENTO DE TECIDOS	
Wanyr Romero Ferreira Wilson Costa Resende Aline Pereira Leite Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.37119030413	
CAPÍTULO 14	128
ANÁLISE CORROSIVA DO AÇO 304 QUANDO SUBMETIDO AO PROCEDIMENTO DE GALVANOPLASTIA	
Renata de Oliveira Marinho Marcelo Batista Queiroz Eudesio Oliveira Vilar Márcia Cristina de Sousa	
DOI 10.22533/at.ed.37119030414	
CAPÍTULO 15	140
EFEITO DA DENSIDADE DE CORRENTE NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE REVESTIMENTOS DE Co-W OBTIDOS POR ELETRODEPOSIÇÃO	
Arthur Filgueira de Almeida Bianca Oliveira Evaristo Josiane Dantas Costa Mikarla Baía de Sousa Nathália Cristina Morais Lia Fook Renato Alexandre Costa de Santana Ana Regina Nascimento Campos	
DOI 10.22533/at.ed.37119030415	
CAPÍTULO 16	148
FILTRO DE KALMAN ESTENDIDO E REDE NEURAL ARTIFICIAL NA ESTIMATIVA DE CONCENTRAÇÃO EM UM REATOR QUÍMICO NÃO ISOTÉRMICO	
Arioston Araújo de Moraes Júnior Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas Marcelo da Silva Pedro Paulo Romero de Araujo Mariz Emanuella Francisca de Lacerda Vieira Jonas Laedson Marinho da Silva Santos Rodrigo Marinho Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.37119030416	
CAPÍTULO 17	153
COMPÓSITO DE NANOCELULOSE BACTERIANA E NANOTUBOS DE CARBONO	
Guilherme Colla Vinícius Heidemann de Souza Fernanda Vieira Berti Luismar Marques Porto	
DOI 10.22533/at.ed.37119030417	

CAPÍTULO 18	160
IMOBILIZAÇÃO DE COLÁGENO HUMANO TIPO I EM MEMBRANAS DE NANOCELULOSE BACTERIANA	
Ana Carolina Jorge Meyer Emily Marques dos Reis Luismar Marques Porto	
DOI 10.22533/at.ed.37119030418	
CAPÍTULO 19	167
CENTRIFUGATION STEP CONTROL OF CELLULOSE NANOCRYSTALS SUSPENSION BY pH AND TURBIDITY MEASUREMENTS	
Mayara Felix Santana Bárbara Castro Moreira Flávia Mitsue Yamashita Nilda de Fátima Ferreira Soares José Mauro de Almeida Alvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira Deusanilde de Jesus Silva	
DOI 10.22533/at.ed.37119030419	
CAPÍTULO 20	173
ESTUDO TERMODINÂMICO DA ADSORÇÃO DO CORANTE CRISTAL VIOLETA EM NANOTUBOS DE CARBONO FUNCIONALIZADOS	
Leonardo Martins Vargas Gabriel Facciochi Dörtzbacher Guilherme Luiz Dotto	
DOI 10.22533/at.ed.37119030420	
CAPÍTULO 21	181
ESTUDO DA REOLOGIA E DA SALINIDADE DE MICROEMULSÕES À BASE DE GLICERINA PARA SEREM UTILIZADAS NA RECUPERAÇÃO DE PETRÓLEO	
Amanda Brito de Carvalho Fabiola Dias da Silva Curbelo Elayne Andrade Araújo Alfredo Ismael Curbelo Garnica	
DOI 10.22533/at.ed.37119030421	
CAPÍTULO 22	196
ORGANOFILIZAÇÃO DE ARGILAS BENTONÍICAS PARA APLICAÇÃO EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO BASE MICROEMULSIONADA	
Renata Rodrigues Magalhães Roxana Pereira Fernandes de Sousa Alfredo Ismael Curbelo Garnica Fabiola Dias da Silva Curbelo Thaine Taumaturgo Caminha	
DOI 10.22533/at.ed.37119030422	

CAPÍTULO 23	201
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E VOLUMÉTRICAS DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO E DO BIOQUEROSENE	
<p style="padding-left: 20px;">Idila Rafaela Carvalho Gonçalves Ana Clara Cazarin Queiroz Luciana Loureiro de Pinho Rolemberg de Andrade Sílvia Maria Zanini Sebrão Krishnaswamy Rajagopal</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030423	
CAPÍTULO 24	210
AVALIAÇÃO REOLÓGICA DE TINTAS ACRÍLICAS COMERCIAIS E ADITIVADAS COM CARGA CONDUTORA	
<p style="padding-left: 20px;">Alex da Silva Sirqueira Monica Cristina dos Santos Vieira Monica Feijó Naccache Stanley Pires de Alcântara</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030424	
CAPÍTULO 25	222
EFEITO DA ADIÇÃO DA CINZA GASEIFICADA DE CARVÃO PULVERIZADO NA FORMULAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA	
<p style="padding-left: 20px;">Gabryella Cerri Mendonça Cristiano Corrêa Ferreira</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030425	
CAPÍTULO 26	232
TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM SISTEMAS PARTICULADOS: DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA DE FERTILIZANTES GRANULADOS NA ESTAGNAÇÃO DE AR	
<p style="padding-left: 20px;">Hugo Perazzini Maisa Tonon Bitti Perazzini Rayssa Caroline Ribeiro Bernardes João Marcos Cardoso Silva</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030426	
CAPÍTULO 27	248
DETERMINAÇÃO DA SOLUBILIDADE DA UREIA EM SOLUÇÕES AQUOSAS DE ETANOL	
<p style="padding-left: 20px;">Raquel de Oliveira Silva Ana Paula Silva Capuci Raíssa Araújo de Oliveira Campos Ricardo Amâncio Malagoni</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030427	
CAPÍTULO 28	255
CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES DE VAZÃO COM ALTAS VAZÕES E VISCOSIDADES ELEVADAS: UMA ALTERNATIVA TÉCNICA À LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE ROYALTIES E PARTICIPAÇÕES ESPECIAIS	
<p style="padding-left: 20px;">Carlos Eduardo Ribeiro de Barros Barateiro Romulo Carlos da Silva Emerik</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030428	
SOBRE A ORGANIZADORA	271

TERMODINÂMICA QUÍMICA – COMPREENDENDO DE FORÇAS INTERMOLECULARES A COEFICIENTE DE ATIVIDADE

Lisandra Ferreira de Lima

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Coordenação de Engenharia Química
Londrina - Paraná

Admilson Lopes Vieira

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Coordenação de Engenharia Química
Londrina - Paraná

RESUMO: A Termodinâmica aborda temas de extrema significância para o curso de Engenharia Química, no entanto, devido à alta complexidade física que os discentes relatam a respeito dos conceitos envolvidos, aliada a dificuldade de compreensão de aplicação prática, as discussões ficam restritas apenas a uma análise matemática das variáveis. A fugacidade é um dos melhores exemplos destas dificuldades. Como forma de aproximação da compreensão física aos cálculos matemáticos envolvidos, este trabalho propõe a utilização de mapa conceitual, com intuito de se apresentar o conhecimento de forma hierarquizada, propiciando a operacionalização cognitiva como a diferenciação progressiva e a reconciliação cognitiva, para que ocorra inter-relações entre os novos e os conceitos pré-existentes de forma otimizada e rápida, facilitando o processo ensino-aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: mapa conceitual, fugacidade, aprendizagem significativa

ABSTRACT: Thermodynamics deals with topics of extreme significance for the course of Chemical Engineering, however, for the reason of the high physical complexity that the students report about the concepts involved, along with the difficulty of understanding the practical application, the discussions are restricted only to a mathematical analysis of the variables. Fugacity is one of the best examples of these difficulties. As a way to bring closer the physical understanding to the mathematical calculations involved, this work proposes the use of a conceptual map, with the aim of presenting knowledge hierarchically, in order to provide cognitive operationalization such as progressive differentiation and cognitive reconciliation, so that inter-relations between the new and the pre-existing concepts occur in an optimized and fast way, facilitating the teaching-learning process

KEYWORDS: conceptual map, fugacity, meaningful learning

1 | INTRODUÇÃO

São muitos os desafios impostos à educação nos dias de hoje. Estratégias e possibilidades variadas que favoreçam a compreensão do conhecimento são essenciais.

Não se contesta a manutenção da visão disciplinar, mas percebe-se a necessidade de se estabelecer nexos e diálogos entre as áreas do saber.

A disciplina de Termodinâmica se faz presente na formação profissionalizante do curso de Engenharia Química e, de maneira geral, os cursos de engenharia, praticam, preferencialmente, a aprendizagem mecânica com uma visão tecnicista, onde o professor é o detentor do conhecimento e expõe oralmente sobre seu objeto de estudo.

Este método contém vantagens, do ponto de vista, de que o docente possui conhecimento específico sobre o assunto, facilitando a composição do programa do curso e, por existir limites de aprendizagem bem definidos (RODRIGUES & FIGUEIREDO, 1996), o que facilita para os docentes o controle das competências e das habilidades que são necessárias ser aprendidas. No entanto, percebe-se que disciplinas que exigem uma maior abstração, tem seu rendimento prejudicado quando submetido a esta metodologia.

Aprendizagem significativa é a representação do mecanismo cognitivo de aprendizagem humana (CURSEU *et al.*, 2010), onde há um relacionamento da nova informação com a estrutura cognitiva do aprendiz de forma substantiva e não arbitrária, transformando o significado lógico em significado psicológico para o sujeito (AUSUBEL, 1968). As vantagens estão relacionadas com a estrutura cognitiva do aluno e com a possibilidade de experimentar novas aprendizagens.

Ausubel (1982) declara existir três fatores determinantes para que a aprendizagem seja significativa: a vontade de aprender, a existência de conteúdos potencialmente significativos e a utilização do pré-conhecimento do aluno sobre o assunto.

A vontade em aprender parece estar relacionada a quanto sentido o conteúdo tratado possui em relação ao universo do aprendiz e como o aprendiz enxerga este novo conceito. Toda vez que experimentamos a curiosidade por algo, nos sentimos empolgados em conhecer mais a respeito, ou seja, nos motivamos a aprender.

O último fator valoriza o que o aluno já conhece, o que demonstra que não haverá aprendizagem igual, mas que o processo é homogêneo, ou seja, baseado no que cada um já conhece (seus subsunçores) haverá uma nova compreensão sobre o assunto com a incorporação de novos conhecimentos e uma visão própria sobre o conteúdo abordado. E, como deve haver formação de novos canais sinápticos, a repetição do processo é importante para a aprendizagem.

De maneira mais sucinta, para a aprendizagem significativa acredita-se que para aprender um novo conceito, há necessidade de se organizar e conectar esta nova ideia a uma base anterior de ideias que ele já possui (subsunçores), transformando sua estrutura cognitiva. Sendo assim, sempre que for possível, é muito útil conectar uma nova ideia junto a exemplos que já são conhecidos.

Mesmo que as formas de operacionalização cognitiva possam ser distintas entre indivíduos, o conhecimento por parte do docente de alguns princípios programáticos que sejam facilitadores comuns para a aprendizagem, como o uso da diferenciação progressiva e da reconciliação cognitiva (MOREIRA, 2011), auxiliam muito na proposta

de aula a ser implementada.

Estes dois princípios foram propostos por Ausubel, 1982, onde na diferenciação progressiva o conteúdo âncora (subsunçor) vai se tornando cada vez mais elaborado e estável, ou seja, os conceitos mais amplos e inclusivos devem ser primeiramente apresentados e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade de conceitos mais específicos, sendo que neste método, a retomada periódica das ideias mais gerais favorecerem a progressiva diferenciação e a transformação do conhecimento do indivíduo. Na reconciliação cognitiva, conceitos já ancorados com certo grau de diferenciação podem ser relacionados, ou seja, passa a ocorrer uma interrelação entre as ideias, a fim de reconciliar inconsistências reais e aparentes, o que proporciona uma reorganização da estrutura cognitiva. Esta é, de maneira geral, uma etapa posterior, visto que o aprendiz vai ao mesmo tempo, diferenciando progressivamente e reconciliando integrativamente, os conhecimentos adquiridos.

De qualquer forma, o caminho mais assertivo é proporcionar um ambiente de aprendizagem que estimule conflitos cognitivos significativos nos alunos, a partir da utilização de um caminho lógico de raciocínio, para que a aprendizagem aconteça de maneira facilitada e, é isto que se propõem com a utilização de mapas conceituais, por ter sido fundamentado na própria teoria de Ausubel e pelo fato de que eles auxiliam na organização e na representação hierárquica dos conhecimentos (NOVAK, 1991).

No entanto, antes de tudo, é preciso ter compreensão da relação existente entre a formação deste aluno e os conhecimentos abordados com o tema em análise. Para isto, é preciso avaliar que competências e habilidades serão viabilizadas ao egresso ao final do processo. E isto não é tarefa tão fácil como imagina-se, pois, nossa mente está muito mais acostumada a uma visão cartesiana dos conteúdos, das disciplinas e das matrizes curriculares, e isto, muitas vezes, bloqueia-nos a pensar para além do senso comum.

Traçadas as fronteiras do conhecimento que se deseja romper com o conteúdo proposto, novas preocupações se apresentam ao educador: como qualificar a compreensão sobre assunto de cada aprendiz e como garantir que o conhecimento mínimo exigido pelo conteúdo tenha sido atingido? Como avaliar qual o nível de cognição foi adquirido pelo aprendiz? Este nível é compatível ao nível esperado àquele profissional? Muitas são as perguntas que podem ser respondidas pela utilização da taxonomia de Bloom atualizada por Anderson (ANDERSON et al., 2001), visto que auxilia no planejamento didático-pedagógico, principalmente, na formulação de questionamentos e sistemas avaliativos, para que o aprendiz possa atingir altos níveis de abstração a partir de pontos mais concretos.

A proposta da aplicação da metodologia para o conceito fugacidade, deve-se, principalmente, ao fato de que esta variável tem sua significação muito mais relacionada a uma análise matemática do que propriamente ao seu conceito físico. Ao se perguntar a um aluno o que é fugacidade, as respostas mais comuns são as de que fugacidade é uma relação entre pressões ou que é uma variável criada para substituir o potencial

químico e mesmo aqueles alunos de maior percepção física, costumam afirmar simplesmente que é a fuga da idealidade, mas pouquíssimos tem a compreensão de que esta variável pode avaliar de que forma as forças intermoleculares estão afetando o comportamento da substância analisada e, talvez demorem anos para perceber que coeficiente de fugacidade demonstra qual o tipo de força é resultante quando este, é relacionado a condições ideais. Esta falta de compreensão no que se refere ao conceito em estudo, facilita o descomprometimento e ao fácil esquecimento sobre o tema.

Este trabalho tem, portanto, por objetivo central, propor um modelo de aula ativa, exemplificado na aula de Termodinâmica, mais especificamente, ao conceito de fugacidade para que se possa fomentar uma aprendizagem menos mecanicista, via utilização de mapas conceituais como facilitador da apreensão de novos conceitos.

2 | METODOLOGIA

A proposta deste trabalho é o preparo do plano de aula em três partes didaticamente divididas:

1. Apresentação do mapa conceitual sobre o assunto abordado para que assuntos anteriores possam ser utilizados como subsunçores dos novos conceitos apresentados e, que diferenciação progressiva e a reconciliação cognitiva possam ser facilitadas;
2. Apresentação matemática do assunto conforme é vastamente discutida nos livros didáticos
3. Oferta de exercícios pertinentes ao assunto desenvolvido em sala de aula, em níveis de dificuldade crescente e, em pequena quantidade mas, cotidianamente, até que se atinja o nível de abstração esperado deste conteúdo para alcançar a competência pretendida.

2.1 Execução e apresentação do mapa conceitual

O mapa conceitual não é estático nem autoexplicativo (MOREIRA, 2011) e, reflete a sua compreensão do assunto naquele momento. Uma mesma pessoa, certamente fará mapas conceituais cada vez mais complexos ao se aprofundar no assunto. Ele pode ser utilizado como forma de relação dos assuntos abordados em todo, como é proposto neste trabalho, ou pode até ser apresentado em partes, apenas com o conteúdo de hora/aula. Esta última metodologia descrita é apenas o particionamento do mapa conceitual apresentado, visto ao final da apresentação do tema proposto, um mapa complementar o mapa anterior, formando um grande mapa ao final. A escolha pela metodologia adequada dependerá muito do plano de aula proposto.

A construção de mapas conceituais precisa obedecer a alguns parâmetros importantes, como por exemplo: os conceitos devem ser apresentados de forma hierárquica, com conceitos mais primitivos, ou seja, os subçuncores na base do

fluxograma. A sua estruturação é diferente de um mapa mental pela hierarquia necessária na apresentação dos conceitos, fato relevante pois assim mostra o caminho sináptico que se deve fazer para compreender o novo conceito.

A ferramenta computacional para execução do mapa foi o CmapTools, software livre e de fácil manipulação que auxilia a construção, possibilitando até inclusão de figuras, equações e observações, que podem ser utilizados como recurso didático adicional.

O mapa conceitual proposto na Figura 1 apresenta uma contextualização do micro ao macro, onde as estruturas subatômicas (prótons, nêutrons, elétrons, neutrinos, pósitrons, quarks, entre outras) compõem os átomos, que, por consequência, formam as moléculas que constituem os gases, líquidos ou sólidos.

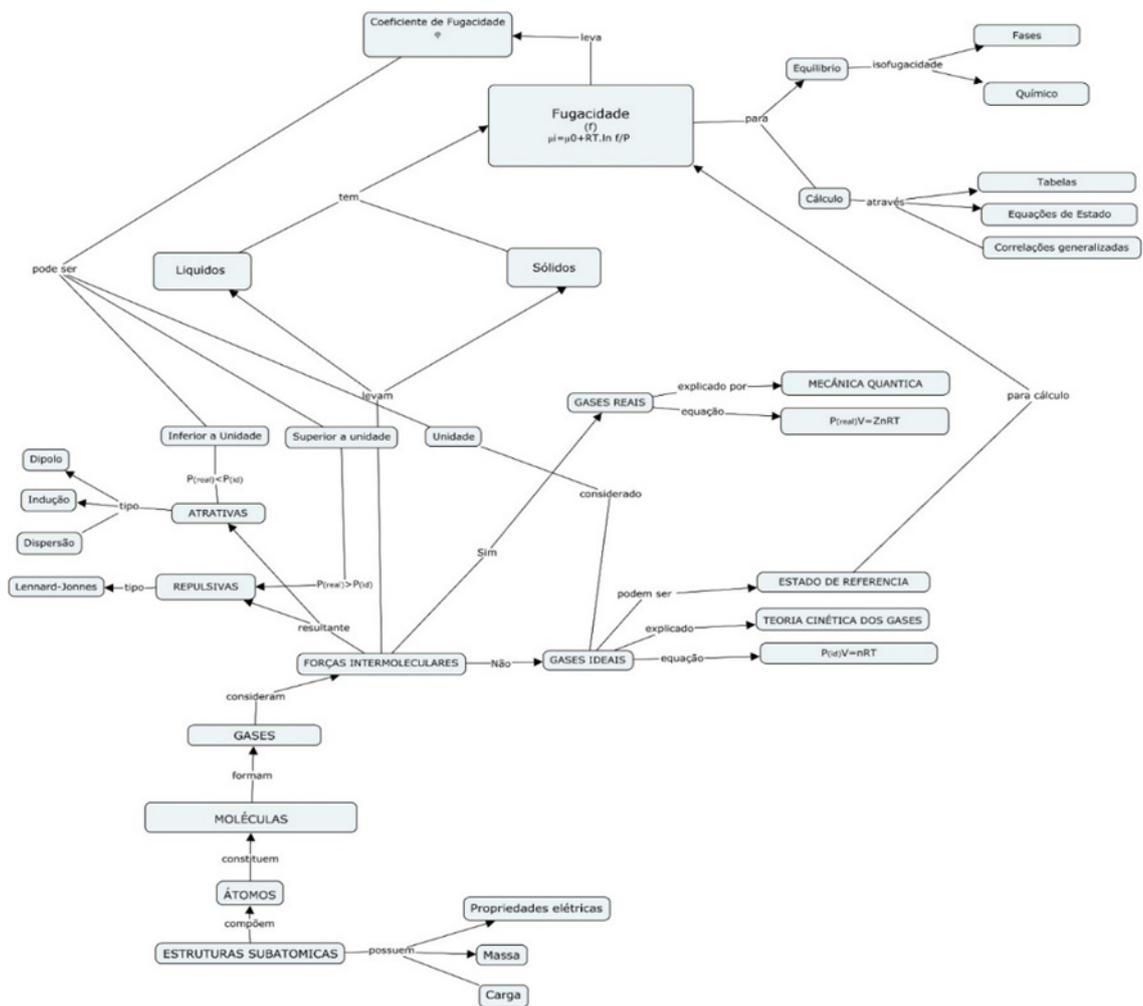


Figura 01. Mapa conceitual de Fugacidade para substância pura.

Esta análise, apesar de simplista, é um exemplo prático da diferenciação progressiva, visto que facilita uma série de interpretações não tão óbvias para os alunos. Como é conhecido que as cargas opostas se atraem e que semelhantes se repelem, efeitos eletromagnéticos estão ocorrendo, mesmo nas moléculas mais apolares, e que os gases, em condições normais de temperatura e pressão, caracterizam-se estruturalmente por moléculas mais afastadas e com maior mobilidade do que em

outros estados físicos, como o líquido ou sólido. Inicia-se a discussão sobre as forças intermoleculares, resultado dos íons interagindo entre as moléculas. O aumento de pressão, por outro lado, afeta muito o comportamento do gás, distanciando-o da idealidade, conforme explica a Física Quântica. Quanto mais afastado estiver uma molécula da outra, menores são estas forças resultantes, a tal ponto, que a condição especial de altas temperaturas e baixas pressões leva o gás a possuir energia cinética suficiente para superar as forças resultantes da interação, caso particular, que pode ser explicado pela teoria cinética dos gases (consideração de que as colisões são totalmente elásticas e as leis de Newton são respeitadas) conhecido como estado ideal, que é representada pela equação de estado conhecida por todos desde o ensino médio.

O fato do aluno ter que relacionar a pressão e a temperatura de um material em dado estado físico, apesar de ser um tema já apresentado no ensino médio, é um mecanismo de reconciliação significativa, ou seja, por mais que ele já tenha sido apresentado ao conceito de gás ideal, se não houve uma significação para pressão, temperatura e estados físicos da matéria, o conhecimento pode não ter sido apreendido.

A partir deste conhecimento, pode-se compreender que a concepção de gás ideal é como um sistema onde as forças intermoleculares tenham sido desligadas. O estado de gás ideal, serve de estado de referência para condições reais onde as moléculas dos gases que sofrem a ação de forças intermoleculares sejam sua resultante atrativa ou repulsiva. Estas forças intermoleculares são que permitem a mudança de fase para do estado gasoso para o estado líquido ou mesmo sólido.

Nas condições gerais de operação, o comportamento da fase gasosa não pode ser mais representado pela equação de Clapeyron e, uma nova variável, que nem sempre é de fácil resolução (Z = fator de compressibilidade), é apresentada. Para caso de líquidos e sólidos, a formulação de uma equação que represente seu estado termodinâmico é muito mais complexa e, depende de inúmeras variáveis, não conseguindo ser representada em uma única equação em todo estado físico.

Quanto maior a interação entre as moléculas, maior será seu distanciamento da condição de idealidade, ou seja, se a resultante das forças for atrativa, a pressão final será menor que a pressão esperada para um gás ideal e, se for repulsiva, a pressão real será maior que a esperada na idealidade.

Estas forças atrativas podem ocorrer em diversas intensidades, dependendo da organização estrutural e conformacional da molécula (desde forças elétricas, quando há elétrons livres a forças de London, entre moléculas apolares). É o coeficiente de fugacidade, a variável capaz de qualificar as forças resultantes e avaliar o quão distante da idealidade encontra-se o sistema.

A fugacidade é esta propriedade que foi criada para atender a dificuldade matemática do cálculo do potencial químico e, também é utilizada para análises de equilíbrio (isofugacidade), uma vez que nesta condição os efeitos interativos devem ser semelhantes.

A forma de cálculo da fugacidade pode acontecer via tabelas termodinâmicas, equações de estado ou correlações generalizadas. É possível mostrar quais destas metodologias apresentam menor erro para cada situação física.

Um outro mapa sequencial a esta, seria a fugacidade para misturas, onde conceitos como propriedades parciais molares, estado de referência para solução e atividade seriam abordados estabelecendo as devidas relações entre a fugacidade da substância pura e da substância em solução.

2.2 Apresentação matemática do assunto

Esta etapa segue a metodologia clássica de aprendizagem utilizada, sistematizada em aulas teóricas onde ocorrem o desenvolvimento dos conceitos básicos matemáticos sobre o assunto, de forma que os conceitos físicos sempre estejam aparentes. É mostrada a fórmula matemática geral da fugacidade, posteriormente, sendo aplicada para substâncias puras, primeiramente para gases, líquidos e posteriormente, sólidos. Na sequência é possível apresentar a fugacidade para misturas gasosas, onde nasce a necessidade do conceito de propriedades parciais molares, as misturas líquidas, onde aparece a necessidade da apresentação do conceito atividade.

2.3 Avaliação do conhecimento desenvolvido

Como em todo processo de aprendizagem, novos canais sinápticos devem ser formados em nosso cérebro, assim sendo, a repetição do processo é de extrema importância para a aprendizagem.

A taxonomia de Bloom nasceu de um trabalho multidisciplinar, liderado por Benjamin S. Bloom, nos Estados Unidos na década de 1950, para estudar sobre os processos educacionais (BLOOM *et al.*, 1956). Para que aconteça o domínio cognitivo, Bloom e seus colaboradores propuseram uma classificação ordenada e hierarquizada dos níveis de conhecimento, baseado no desenvolvimento de habilidades intelectuais, conforme mostrado na Figura 2(a), a qual foi revisada por um grupo de educadores coordenados por L. W. Anderson, dando origem a taxonomia de Bloom modificada (ANDERSON *et al.*, 2001), conforme Figura 2(b). A principal modificação foi o novo formato bidimensional onde cada um dos níveis de Conhecimento está associado a um Processo Cognitivo (KRATHWOHL, 2002) e, conseqüentemente, a renomeação de cada nível de conhecimento para verbos facilitadores da aplicação dinâmica do método (FERRAZ & BELHOT, 2010).

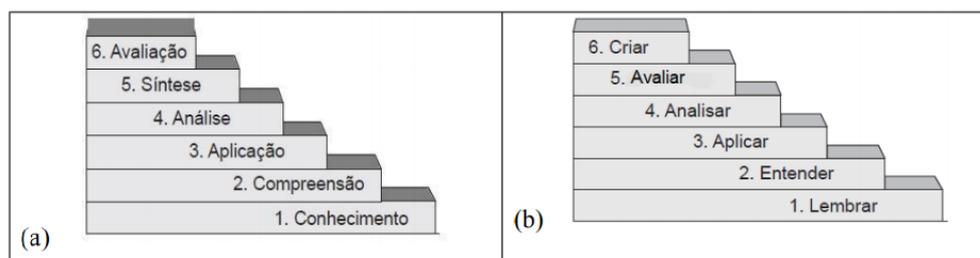


Figura 2. Categorias do domínio cognitivo conhecido por taxonomia da Bloom (a) e taxonomia de Bloom modificada.

Muitas são as possibilidades de atingir o nível de cognição esperado para o conteúdo proposto. A inserção de exercícios em níveis de complexidade crescente significa que o aprendiz precisa dominar um nível de conhecimento para avançar para o próximo. De forma mais clara e simplificada, conforme pode ser visualizado na Tabela 1, são propostos seis níveis para que a maturidade do conhecimento necessário ocorra.

Nível de Cognição	Proposta de questionamentos
Lembrar	Calcule a fugacidade do isobutano a 373K e 10 atm, 25 atm e 80 atm utilizando equação de Van der Waals e gráficos generalizados (Terron, 2009)
Entender	Conhecendo os dados experimentais do volume molar em função da pressão do isobutano, calcule a fugacidade e compare este resultado com o obtido no exercício anterior (Terron, 2009).
Aplicar	Obtenha a expressão de fugacidade e o coeficiente de fugacidade de uma substância pura utilizando a equação de estado de Redlich Kwong (Koretsky, 2007).
Analisar	Qual dos métodos realizados é mais adequado para cálculo de fugacidade do isobutano? (Terron, 2009)
Avaliar	Mostre que não é possível para um fluido puro ter um ponto quaternário, onde vapor, líquido e duas fases sólidas estejam todas em equilíbrio (Sandler, 2006)
Criar	Assumindo que a água obedeça a equação de estado de Peng Robinson, desenvolva tabelas e cartas de propriedades termodinâmicas e compare os resultados com tabela já existente (Sandler, 2006)

Tabela 1- Aplicação dos níveis de cognição, baseado em Bloom et al, 1956 para fugacidade de substâncias puras.

Primeiramente, é necessário lembrar sobre o assunto para entendê-lo, para, posteriormente aplicá-lo, ser capaz de uma análise a respeito e ter condição de avaliar e criar algo novo sob aquele conhecimento adquirido. Cada uma destas etapas está relacionada a estrutura bidimensional que foi nominada como Dimensão Conhecimento e Dimensão dos Processos Cognitivos

A inserção de exercícios em níveis de complexidade crescente significa que o aprendiz precisa dominar um nível de conhecimento para avançar para o próximo.

3 | CONCLUSÃO

É necessário destacar que esta metodologia se utilizou da fugacidade como forma exemplificativa, mas se enquadra em todos os conceitos da disciplina.

Não é possível esquecer que para que aprendizagem significativa ocorra, os alunos devem ter disposição para aprender, e que muitas vezes nossos alunos preferem a metodologia mecanicista, seja pelo hábito ou pelo desconhecimento dos resultados que podem ser obtidos na aprendizagem ativa ou mesmo na falta de comprometimento, visto que, de certa maneira, a aprendizagem mecânica possui um menor grau de exigência, uma vez que na aprendizagem significativa o aluno é ator principal de seu próprio conhecimento, sendo o educador coadjuvante no processo.

Outra hipótese que deve ser considerada, é de não existirem os subsunçores e, a principal estratégia proposta por Ausubel⁶ é a utilização de materiais introdutórios. Isto é possível a partir da utilização de mapas conceituais, visto que, com a apresentação dos conteúdos já conhecidos, que servirão de subsunçores como a teoria dos gases ideais, por exemplo, o aluno consegue reconhecer o conteúdo deficiente e, dependendo de seu interesse, pode aprender a respeito em livros de Química Geral ou mesmo do ensino médio. Servirá como uma ligação entre o que aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que, o novo material possa ser aprendido de maneira significativa.

Com a aplicação desta metodologia, percebeu-se que, além da organização do material a ser aprendido, é preciso que as conexões entre os temas sejam explicitadas aos estudantes, de modo a facilitar a percepção da estrutura conceitual a ser aprendida. Para facilitar o estabelecimento de relações significativas entre os termos aprendidos, é importante acrescentar que a aquisição de um vocabulário específico deve acontecer de forma progressiva. A partir da valorização desses princípios, o professor é capaz de construir a unidade de ensino potencialmente significativa utilizando passos similares aos propostos para sua execução.

4 | AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Fundação Araucária, Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SETI-PR) e ao Governo do Estado do Paraná, pelo apoio financeiro recebido para viabilizar esta participação

REFERÊNCIAS

ANDERSON, L.W., KRATHWOHL, D.R., AIRASIAN, P.W., CRUIKSHANK, K.A., MAYER, R.E., PINTRICH, P.R., RATHS, J., MERLIN, C. WITTRICK, M.C., *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, Addison Wesley Longman, Nova York, **2001**.

AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, **1982**.

AUSUBEL, D. P. Education psychology of meaningful verbal learning: na introductory to school learning, Grune & Stratton, New York, **1968**.

BLOOM, B.; ENGLEHART, M.; FURST, E.; HILL, W.; KRATHWOHL, D. *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. Handbook I: Cognitive domain. New York, **1956**.

CMAP TOOLS, <https://cmap.ihmc.us/cmaptools/cmaptools-download/>

CURSEU, P.L., SCHALK, R., SCHRUIJER, S., Journal of applied social psychology, v.40, ed. 5, p.1258, **2010**.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. *Gestão Prod.*, v. 17, p. 421, **2010**.

KORETSKY, M. D. *Termodinâmica para Engenharia Química*, LTC, Rio de Janeiro, **2007**.

KRATHWOHL, D. R. *Theory in Practice*, **2002**, v. 41, p. 212.

MOREIRA, M.A. Aprendizagem significativa: a teoria e texto complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, **2011**.

NOVAK, J. D. A Theory of Education. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. **1977**.

NOVAK, J. D. The Science teacher, v.58, p.45, **1991**.

RORIGUES, M. L. V., FIGUEIREDO, J. F. C. Aprendizado centrado em problemas. Medicina (Ribeirão Preto). **1996**.

SANDLER, S. *Chemical, Biochemical, and Engineering Thermodynamics*, 4^a. ed., John Willey & Sons, New York, **2006**.

TERRON, L. R. *Termodinâmica Química Aplicada*, Manole, Barueri, **2009**.

SOBRE A ORGANIZADORA

CARMEN LÚCIA VOIGT Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-237-1

