

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO QUÍMICO
NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0**

Regina Carneiro Pinto

**Trabalho de Graduação apresentado ao
Departamento de Engenharia Química da
Universidade Federal de São Carlos**

Orientadora: Profa. Gabriela Cantarelli Lopes

**São Carlos - SP
2020**

BANCA EXAMINADORA

Trabalho de Graduação apresentado no dia 13 de outubro de 2020 perante a seguinte banca examinadora:

Orientadora: Gabriela Cantarelli Lopes

Convidada: Adriana Paula Ferreira Palhares

Professora da Disciplina: Alice Medeiros de Lima

RESUMO

Em 2018 a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) realizou uma pesquisa visando identificar o grau de conhecimento das empresas brasileiras em relação ao conceito de indústria 4.0 e aos desafios a serem enfrentados para a sua adoção. Foram entrevistadas 227 empresas, sendo que 55% delas eram pequenas, 30% médias e 15% grandes. Inicialmente, 32% das empresas afirmaram não conhecer os termos “quarta revolução industrial”, “indústria 4.0” ou “manufatura avançada”. Para os 68% restantes, alguns outros resultados foram obtidos: 90% concordam que a quarta revolução industrial terá impactos positivos na produtividade, 67% esperam sentir um impacto mediano com a implementação da manufatura avançada, mas apenas 5% se sentem muito preparadas para as transformações a serem enfrentadas. Questionadas sobre os maiores desafios, as empresas pontuaram a qualificação da mão de obra como um fator importante.

Sendo a engenharia química uma formação tão atrelada à indústria, a reflexão sobre consequências da quarta revolução industrial na formação do profissional é necessária. Uma mostra da importância do tema é a atualização em relação à inovação, ciência e tecnologia serem tópicos diretamente citados na Resolução CNE/CES nº2, de 24 de abril de 2019, que estabelece as diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em engenharia.

Como ferramenta de estudo, foi realizada uma pesquisa com egressos do curso de engenharia química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Todos os entrevistados estão inseridos no mercado de trabalho em funções diretamente relacionadas à área de atuação do engenheiro químico e responderam perguntas relacionadas às ferramentas utilizadas em seu dia a dia do trabalho e aos desafios enfrentados na sua atuação profissional. Além da pesquisa, a grade curricular da graduação oferecida pelo Departamento de Engenharia Química da UFSCar foi estudada a fim de propor opções para a inserção de novos temas na estrutura do curso, utilizando como recurso também a comparação com grades curriculares de outras universidades do país. As propostas de modernização foram realizadas seguindo dois caminhos: o de adequação de matérias já existentes e da adição de novas disciplinas, auxiliando com ideias a reestruturação da grade curricular.

ABSTRACT

In 2018, the Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) carried out a survey to identify the degree of knowledge of Brazilian companies related to the concept of industry 4.0 and the challenges to be faced for its adoption. Two hundred and twenty-seven companies were interviewed, 55% of which were small, 30% medium and 15% large. Initially, 32% of companies said they did not know the terms "fourth industrial revolution", "industry 4.0" or "advanced manufacturing". For the remaining 68%, some other results were obtained: 90% agree that the fourth industrial revolution will have positive impacts on productivity, 67% expect to feel a medium impact with the implementation of advanced manufacturing, but only 5% feel very prepared for the transformations to be faced. Asked about the biggest challenges, workforce qualification was one of the mentioned points.

Since chemical engineering is so close to industry, reflection on the consequences of the fourth industrial revolution in the graduation is necessary. A demonstration of the importance of the theme is that updating regarding innovation, science and technology are topics directly cited in Resolução CNE / CES nº2, of April 24, 2019, which establishes the national curriculum guidelines for the undergraduate engineering course.

As a study tool, a research was carried out with graduates of the chemical engineering course at Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). All respondents are inserted in the job market in functions directly related to the area of performance of the chemical engineer and answered questions related to the tools used in their daily work and the challenges faced in their professional performance. In addition to the research, the undergraduate curriculum offered by the Department of Chemical Engineering at UFSCar was studied in order to find options for the insertion of new themes in the course structure, using as a resource also the comparison with curricular grades of other universities in the country. The modernization proposals were developed following two paths: the adaptation of existing subjects and the addition of new subjects, helping with ideas to restructure the curriculum.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pirâmide da Automação Industrial.....	10
Figura 2: Evolução da Simulação	12
Figura 3: Funcionamento do Gêmeo Digital.....	13
Figura 4: Primeira Página do Questionário Utilizado no Trabalho	18
Figura 5: Fluxograma das Perguntas Realizadas no Questionário.....	19
Figura 6: Opções de Resposta sobre a Área de Atuação.....	20
Figura 7: Opções de Resposta sobre as Tecnologias da Manufatura Avançada	20
Figura 8: Vídeo Educativo do Senai Incluído no Questionário	21
Figura 9: Gráfico de Barras com Ano de Formação dos Entrevistados.....	25
Figura 11: Distribuição Porcentual para as Respostas sobre a Familiarização com o Tema..	26
Figura 12: Gráfico com as Tecnologias da Indústria 4.0 Utilizadas pelos Entrevistados	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 Indústria Digital (Indústria 4.0).....	8
2.2. Tecnologias Habilitadoras.....	9
I. Análise de Dados.....	9
II. Internet das Coisas (IoT).....	11
III. Simulação.....	11
IV. Manufatura Aditiva.....	14
V. Robótica Avançada.....	14
VI. Computação em Nuvem.....	15
VII. Segurança Digital.....	15
2.3 A Engenharia Química: História e Escopo.....	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1 Contato com os egressos	17
3.2 Engenharia Química	23
I. Estrutura Curricular da Engenharia Química.....	23
II. O engenheiro químico: presente e futuro.....	24
4. RESULTADOS.....	24
4.1 Contato com os egressos	24
4.2 Demandas Aplicadas à Graduação	29
I. Disciplinas Presentes na Graduação	30
II. Novas Disciplinas.....	33
5. CONCLUSÃO.....	34
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1. INTRODUÇÃO

O conceito da indústria 4.0 foi pela primeira vez citado na Alemanha em 2011 e desde então vem não só sendo discutido ao redor do mundo como também influenciado a estrutura das fábricas. No Brasil, as inovações chegam a passos curtos quando comparados aos países europeus e norte-americanos, mas ainda assim avanços podem ser notados nas indústrias brasileiras. Segundo a “Pesquisa com Líderes Empresariais” apresentada pela Confederação Nacional da Indústria em maio de 2019, 6 dos 100 empresários responderam que consideram o grau de inovação da indústria brasileira alto, em detrimento de 3 com a mesma resposta na pesquisa realizada em 2015.

Olhando para o futuro a perspectiva de inovação em grau alto foi resposta de 29% dos empresários entrevistados, tendo ainda 2% respondendo à questão com a opção “muito alto”. Em relação à inclusão do tema na estratégia empresarial, 96% dos empresários responderam que a inovação faz parte do plano da empresa para os próximos anos.

Quando questionados em relação aos profissionais relacionados com a inovação, 35% dos entrevistados classificaram a graduação em engenharia como a formação acadêmica mais importante para a inovação.

No ranking universitário realizado pela Folha de São Paulo em 2019, o curso de engenharia química da UFSCar foi classificado como o quinto melhor do Brasil. Desde 1976, seu ano de fundação, o curso passou por quatro alterações curriculares implantadas em 1980, 1984, 1998 e 2005. Com as diversas modernizações tecnológicas trazidas pelo conceito de indústria 4.0, é necessário sempre estar atento aos novos conhecimentos necessários para o profissional a ser inserido no mercado de trabalho.

Em relação à expectativa relacionada à modernização da grade curricular, é de extrema importância citar a Resolução CNE/CES nº2, de 24 de abril de 2019, que institui as diretrizes curriculares nacionais no curso de graduação em engenharia e deve ser utilizada como guia para a atualização dos projetos pedagógicos do curso em todo o país. Dentre os tópicos abordados na resolução no Art. 4º parágrafo VIII está a competência profissional esperada relacionada à atualização “em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação”.

Assim sendo, o presente trabalho tem a proposta de apresentar as ferramentas habilitadoras da manufatura avançada e pensar em como tais conhecimentos podem ser englobados na graduação de engenharia química.

Buscando ter embasamento de profissionais que vivenciam o cotidiano da indústria, foram entrevistados engenheiros químicos graduados na UFSCar e que atuam na área de formação. Na entrevista foram coletadas informações em relação às ferramentas utilizadas no dia a dia dos profissionais assim como suas dificuldades e necessidades ao longo da carreira.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria Digital (Indústria 4.0)

A primeira vez que o termo “Indústria 4.0” foi utilizado foi em 2011, na feira de Hannover, a maior feira de automação da Alemanha. Nessa ocasião, o termo dizia respeito a um projeto estratégico do governo alemão visando promover a manufatura do país. O plano tinha como foco o desenvolvimento de fábricas inteligentes e eficientes, tendo como base a automação, a computação e a conectividade (Rojko, 2017).

A utilização do “4.0” faz referência à ideia de que esse novo modelo de indústria é proveniente de uma quarta revolução industrial, em andamento atualmente. As três primeiras revoluções relatadas historicamente são oriundas de transformações nas formas de produção, organização do trabalho, energia utilizada e natureza dos produtos. A primeira revolução, ocorrida entre o fim do século XVIII e início do século XIX, aconteceu como consequência do surgimento da máquina a vapor, possibilitando a geração de energia e o surgimento do primeiro modelo de produção industrial conhecido, aumentando a escala das produções que até então eram somente artesanais. No final do século XIX a eletricidade passou a ser utilizada como fonte de energia, possibilitando o surgimento de linhas de produção e expandindo o conceito de produção em série. Por fim, nas últimas décadas do século XX, a partir do surgimento do controlador lógico programável (CLP) juntamente com a eletrônica, foi possível realizar a primeira integração entre os computadores e as máquinas da fábrica, transformação que deu origem à terceira revolução industrial (Rojko, 2017)..

A quarta revolução industrial, por sua vez, constitui-se por um conjunto de tecnologias que, integradas, se beneficiam da redução dos limites entre os mundos virtual e físico, utilizando sistemas de produção cyber físicos, por meio da informática e da internet. Para melhor conhecer tais tecnologias, que são os pilares da indústria 4.0, os tópicos a seguir as tratam separadamente (Rojko, 2017).

2.2. Tecnologias Habilitadoras

I. Análise de Dados

A maior causa da revolução digital é o crescimento exponencial de dados gerados. Em 2018, a consultoria IDC realizou o estudo “The Digitization of the World”, em que prevê que em 2025 o volume de dados existentes no mundo será de 175 zetabytes, mais de cem vezes superior ao volume de 2010.

No ambiente industrial, o avanço das tecnologias de comunicação unido ao desenvolvimento das tecnologias de medição, fez com que o volume de dados coletados na fábrica aumentasse de forma significativa. Esse grande volume de dados é um dos principais pilares da Indústria 4.0. No entanto, sozinhos, os dados não possuem valor significado, sendo que os mesmos precisam ser processados e avaliados para a obtenção de informações relevantes para o processo. À análise dos dados coletados é dado o nome de Analytics, sendo muitas as formas de tratamento dos mesmos.

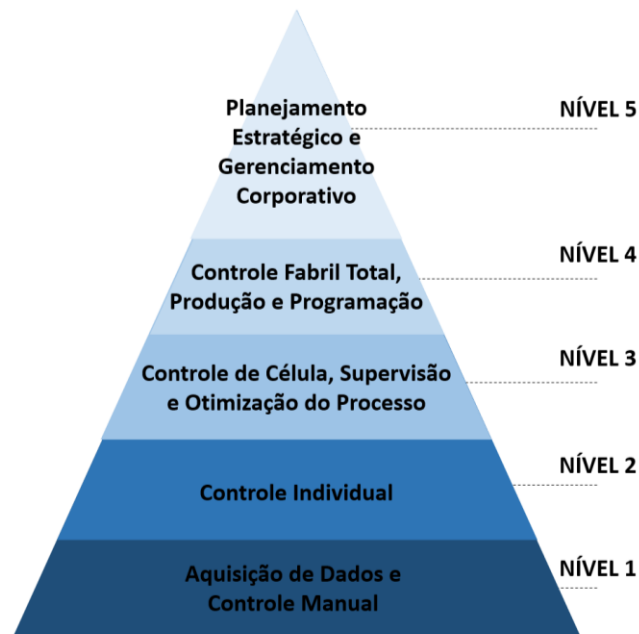
No artigo “Big Data Analytics em Engenharia Química”, publicado na edição do segundo quadrimestre de 2017 da Revista Brasileira de Engenharia Química, os autores comparam o tratamento dos dados com o refino nos setores de Óleo & Gás e na Petroquímica, afirmando que os dados brutos são como as correntes de alimentação, que precisam ser processadas para se tornarem produtos com valor agregado.

Em uma evolução em relação aos cadernos de coleta de dados manuais preenchidos diretamente a partir da consulta em dispositivos de medida provenientes da terceira revolução industrial, atualmente softwares são responsáveis pela coleta e organização dos dados.

Um conceito importante para entender o sistema de coleta de dados no ambiente fabril é o da arquitetura da automação industrial, que tem como principal legado o modelo pirâmide. Oriundo da ISA-95, norma desenvolvida pela Sociedade Internacional de Automação, a pirâmide de automação industrial é uma estrutura de organização que separa a fábrica em cinco setores de forma hierárquica com o objetivo de demonstrar a interdependência de cada um dos níveis.

Abaixo, segue o modelo da pirâmide e em seguida uma breve explicação de cada um dos níveis:

Figura 1: Pirâmide da Automação Industrial



Fonte: Arquivo Pessoal.

Nível 1: composto por equipamentos de medição presentes no chão de fábrica, sendo eles atuadores, sensores e transmissores.

Nível 2: formado por equipamentos responsáveis pelo controle automatizado da fábrica, tais como o Controlador Lógico Programável (CLP), o Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) e até mesmo as chaves mecânicas (relés).

Nível 3: responsável pelo armazenamento, análise e otimização dos dados coletados no nível anterior. Nessa etapa são utilizados softwares cujos principais nomes são o *Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)*, o *Manufacturing Execution Systems (MES)* e o *Plant Information Management Systems (PIMS)*.

Nível 4: diz respeito ao gerenciamento da planta, sendo responsável pela programação do controle dos processos industriais e pelo planejamento da produção, em questões como a logística de suprimentos e de distribuição.

Nível 5: mais voltado para o ramo corporativo, olha para a empresa além do nicho fabril, utiliza softwares de gestão financeira e de inteligência de mercado para o auxílio na tomada de decisões da empresa (Silva, 2020)..

As vantagens da utilização dos dados no ambiente fabril são a melhoria da produtividade geral, a eliminação dos tempos de inatividade e a redução de despesas e erros advindos do monitoramento não automático da produção. A melhor utilização dos dados no

ambiente fabril está diretamente relacionada com outras tecnologias habilitadoras, como a internet das coisas e a simulação, que serão abordadas nos tópicos a seguir.

II. Internet das Coisas (IoT)

O termo *Internet of Things* foi utilizado pela primeira vez em 1999, pelo pesquisador britânico Kevin Ashton em uma apresentação para a *Procter & Gamble*, quando falava sobre a ideia de etiquetar eletronicamente os produtos da empresa. Com o passar do tempo e o desenvolvimento das tecnologias, a definição do conceito é, em uma visão geral, a de equipamentos conectados à internet, que podem também se comunicar entre si, tecnologia conhecida como *Machine to Machine*.

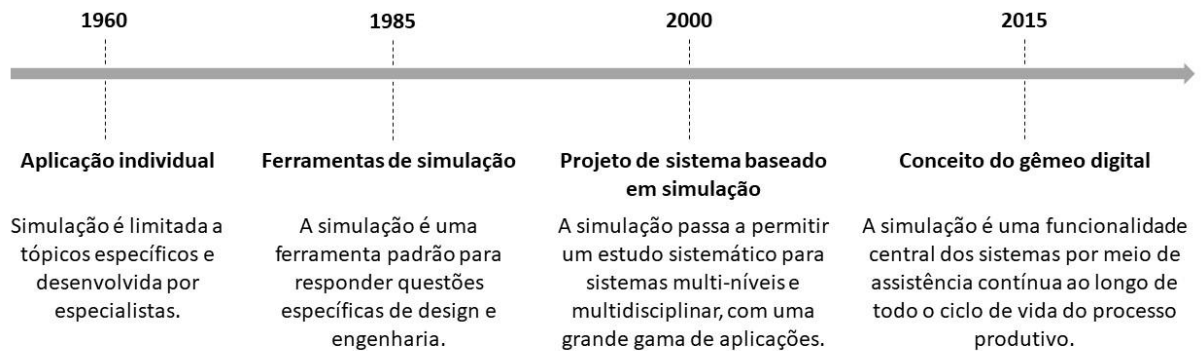
Na indústria, o conceito ganhou um novo ramo, conhecido como Internet Industrial das Coisas (IIoT), possibilitado graças aos sensores e elementos de controle que permitem a conexão das máquinas à internet. Paralela e juntamente às outras tecnologias habilitadoras, a IIoT gera a possibilidade de aumento de eficiência e otimização dos tempos de produção. Entre as suas consequentes melhorias estão a possibilidade de compartilhamento de informações entre os equipamentos em tempo real e o controle de objetos de forma remota (NETO et al, 2017).

III. Simulação

A modelagem de simulação é um dos pilares da engenharia química e é sabido que o objetivo de sua aplicação é entender melhor determinado processo ou prever o comportamento do mesmo.

Ao longo da história a simulação evoluiu acompanhando a modernização das tecnologias e da indústria. De acordo com *Rosen, von Wichert, Lo, & Bettenhausen (2015)* quatro são as principais fases dessa evolução desde 1960 até a atualidade:

Figura 2: Evolução da Simulação



Fonte: Arquivo Pessoal. Adaptada de: Rosen, von Wichert, Lo, & Betternhausen, 2015

A partir de 2000, na terceira fase da evolução da simulação, foi possível notar a mudança da utilização da ferramenta, partindo de um cenário em que a mesma era utilizada de forma analítica visando a otimização e evoluindo para modelos integrados capazes de auxiliar na tomada de decisão na fábrica. No Brasil, a maioria das fábricas encontra-se na fase três (ou até mesmo na dois) quando o assunto é a evolução da simulação.

A última fase apresentada na imagem é consequência da quarta revolução industrial e as principais mudanças em relação à fase anterior podem ser resumidas em três pontos:

1. Total conectividade e integração dos dados.
2. Sistema modelado baseando-se em uma abordagem holística e multinível com alto detalhamento e pouca abstração.
3. Construção e modificação de modelos feita de forma automatizada.

Esse novo modelo de simulação é sumarizado no conceito do “gêmeo digital” (*digital twin*). A definição do gêmeo digital tem origem nos programas espaciais, em que todas as modificações são testadas em um modelo de simulação do sistema, visando garantir que o efeito seja o desejado e evitando falhas, o que nesse cenário poderia ser fatal.

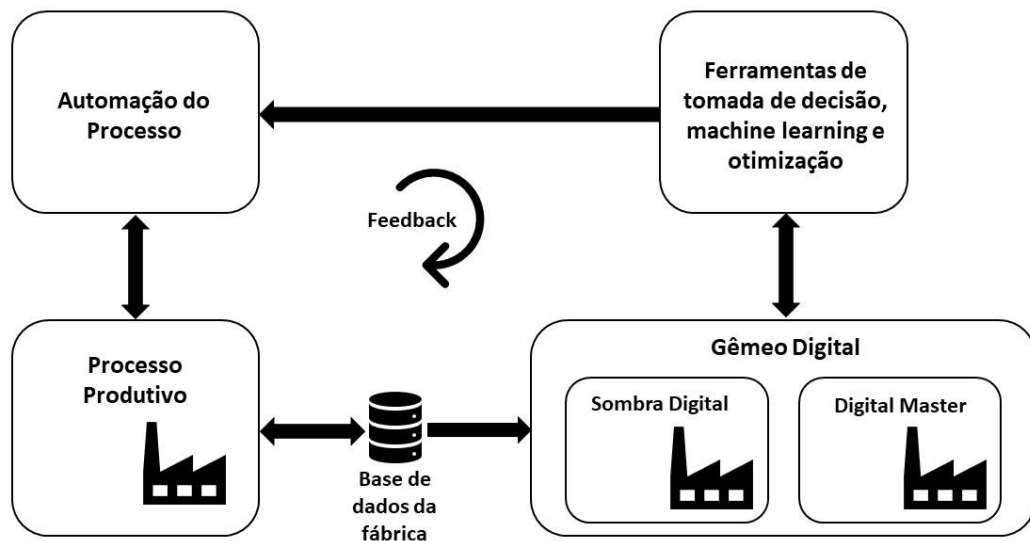
Assim sendo, segundo *Stark, Kind, & Neumeyer (2017)*, “o gêmeo digital é a representação digital de um ativo exclusivo (produto, máquina, serviço, sistema de serviço do produto ou outro ativo intangível), que altera suas propriedades, condição e comportamento por meio de modelos, informações e dados”. A principal contribuição do modelo de gêmeo digital é a ampliação da modelagem de simulação para todas as fases do

processo, disponibilizando as informações coletadas e geradas para outras etapas do ciclo de vida do produto.

A existência do gêmeo digital está diretamente relacionada com o conceito de “sombra digital” (*digital shadow*), nome dado para a coleta estruturada dos dados reais advindos da fábrica. A combinação dos dados armazenados na sombra digital com os modelos de simulação é responsável pela criação do *digital master*.

A Figura 3 ilustra o funcionamento do modelo de gêmeo digital, seguida pela explicação.

Figura 3: Funcionamento do Gêmeo Digital



Fonte: Arquivo Pessoal. Adaptado de: Rodic, B (2017).

No processo produtivo os parâmetros do mesmo são coletados e armazenados. Seguindo a ilustração no sentido anti-horário, os dados são enviados para a “sombra digital”, que estrutura os parâmetros em um “espelho” digital da fábrica.

Como citado anteriormente, a união entre os dados da sombra digital e os resultados de modelos de simulação resultam no digital master, onde estudos relacionados à melhoria e à otimização da fábrica serão realizados, ajudando nas tomadas de decisão que serão implementadas na fábrica através da automatização do processo.

Esse procedimento de feedback fornece a melhoria contínua do processo. Além desse benefício, o gêmeo digital tem outras funcionalidades valorizadas no ambiente fabril:

- Utilização no treinamento de funcionários com novos equipamentos, acelerando o processo de aprendizagem e minimizando o risco de danos à máquina e ao funcionário.
- Viabilização da manutenção preventiva, identificando possíveis problemas que os equipamentos podem vir a apresentar e, conseqüentemente, antecipando a manutenção em relação à falha.

IV. Manufatura Aditiva

A manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D, é um método de fabricação que, apesar de estar disponível comercialmente desde o fim da década de oitenta, se tornou viável financeiramente apenas nos últimos anos em razão do salto tecnológico gerado pelo desenvolvimento de novos materiais e da eletrônica.

O processo utilizado na manufatura aditiva é o de sobreposição de materiais para a criação de objetos a partir de um modelo tridimensional. A tecnologia é utilizada em diversos setores como o automobilístico e aeroespacial, além das áreas odontológica e médica. A versatilidade do método se dá pela rapidez na prototipagem, aumentando a velocidade do fornecimento do objeto e facilitando a customização.

Na indústria a manufatura aditiva se destaca pela capacidade de produção de peças geometricamente complexas, além de reduzir o número de ferramentas necessárias para a produção e de tornar mais ágil a customização em massa, visto que o modelo tridimensional é digital (SENAI São Paulo, 2016).

V. Robótica Avançada

A utilização de robôs na indústria se popularizou no fim do século XX, fazendo parte da terceira revolução industrial. Atualmente, em conjunto com as outras tecnologias habilitadoras da indústria, a robótica passou para um novo patamar.

A evolução da robótica em consequência da quarta revolução industrial está na capacidade de operar tarefas de maneira inteligente, focando em flexibilidade e versatilidade, mas também e segurança. Além dessa melhoria, o que também ganha destaque é a capacidade de colaboração dos robôs, deixando de ser necessário o isolamento das áreas em que a robótica é utilizada e partindo para a possibilidade de interação do ser humano com a máquina, tornando a colaboração mais produtiva, com maior valor econômico e expandindo as possibilidades no ambiente fabril (OTHMAN, 2018).

Vale ressaltar que a robótica se conecta de maneira muito eficiente com outras tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, expandindo sua capacidade. Ao se unir com a internet das coisas, é possível realizar o controle remoto dos robôs quando necessário. Tendo seus parâmetros acompanhados e os dados armazenados, o mecanismo de *machine learning* faz com que os erros sejam minimizados e os acertos potencializados.

VI. Computação em Nuvem

Segundo o *Nacional Institute of Standards and Technology* (NIST) a computação em nuvem é “um modelo para habilitar o acesso por rede oblíquo, conveniente e sob demanda a um conjunto compartilhado de recursos de computação (como redes, servidores, armazenamento, aplicações e serviços) que possam ser rapidamente provisionados e liberados com o mínimo de esforço de gerenciamento ou interação com o provedor de serviços”. De uma forma mais simples, a nuvem pode ser entendida como um grande reservatório de recursos disponível em tempo real via internet.

Um dos maiores benefícios dessa forma de armazenamento é que os recursos são alocados de acordo com a necessidade do cliente, diferentemente dos modelos anteriormente utilizados, em que os recursos disponíveis eram fixos. Ao utilizar a computação em nuvem, o usuário opta pela utilização de um acesso sob demanda, arcando com os custos de um serviço de armazenamento proporcional ao espaço utilizado.

Entre outras vantagens do modelo estão a disponibilidade de maior quantidade de espaço, caso a demanda seja alta (como é o caso do *Big Data*) e a quebra de barreiras geográficas, visto que o acesso aos dados é realizado via internet (SENAI São Paulo, 2018).

VII. Segurança Digital

Levando em conta o formato via internet da computação em nuvem, ao utilizar essa forma de armazenagem de recursos a informação passa a demandar uma atenção especial em relação à segurança digital. Isso acontece pois da mesma forma que a informação se torna disponível para os autorizados a acessá-la, se torna também mais passível de espionagem.

Como documento referencial para a segurança digital, a Comissão de Estudo de Segurança Física em Instalações de Informática (ABNT/CB-21) elaborou no Comitê Brasileiro de Computadores e Processamento de Dados (CE-21:204.01) a norma classificada como ABNT NBR ISO/IEC 27002. Essa norma tem como título “Tecnologia da Informação - Técnicas de segurança - Código de prática para a gestão da segurança da informação” e

tem como objetivo estabelecer princípios e diretrizes relacionados à gestão de segurança da informação em uma organização.

De modo geral, três são os pilares para a segurança da informação, sendo eles a confidencialidade, que restringe o acesso à informação apenas para os que têm esse direito, a integridade, que garante que a informação não foi alterada, e a disponibilidade, que garante que a informação estará disponível quando necessário (SENAI São Paulo, 2018).

2.3 A Engenharia Química: História e Escopo

A Engenharia Química é responsável pela produção industrial de bens de variadas categorias. O seu profissional lida com processos industriais que envolvem transformações físico-químicas, convertendo a matéria prima em produto com valor agregado. De forma prática, o engenheiro químico tem entre suas principais funções projetar plantas e equipamentos, otimizar processos, desenvolver tecnologias mais eficientes e menos agressivas para o meio ambiente e, em uma perspectiva mais ampla, resolver problemas relacionados a processos químicos.

Segundo Peppas, em “The First Century of Chemical Engineering” (2016), o surgimento da engenharia química aconteceu no fim do século XIX, sendo a mesma diretamente relacionada com a segunda revolução industrial, responsável pelo surgimento das linhas de produção e pela expansão do conceito de produção em série, como citado anteriormente. Com o aumento da capacidade produtiva e a ausência de preocupação com as questões ambientais, em 1883 o governo inglês promulgou uma lei com o intuito de limitar a emissão do ácido clorídrico, que estava acontecendo de forma excessiva. Essa lei, conhecida como “*Alkali Works Act*”, gerou a necessidade da existência de fiscais que monitorassem as indústrias em relação ao cumprimento ou não da nova regulação.

Um dos fiscais ingleses era George Edward Davis, profissional que, em razão das visitas a diversas indústrias, passou a conhecer os processos químicos e notar a necessidade da existência de um profissional que atuasse entre o engenheiro mecânico e o químico, até então responsáveis pelos processos industriais. George E. Davis é considerado por muitos o pai da “Engenharia Química” e, entre seus principais feitos, estão as doze palestras ministradas na Escola Técnica de Manchester (considerada as primeiras aulas de engenharia química da história) e a publicação do Manual do Engenheiro Químico, em que seus conhecimentos relacionados a plantas piloto, segurança e operações unitárias foram compilados.

Apesar da nacionalidade inglesa de Davis, principal nome vinculado a origem da profissão, o primeiro curso de engenharia química foi inaugurado no Instituto de Tecnologia de Massachussets, nos Estados Unidos, em 1888, por Lewis Norton, professor de química industrial. No Brasil, a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo inaugurou em 1925 o primeiro curso de Engenharia Química do Brasil.

Inicialmente, as matérias oferecidas pelos cursos tinham maior caráter empírico industrial, mas, com o passar dos anos, uma maior sistematização dos conhecimentos foi desenvolvida transformando a ementa da Engenharia Química. O surgimento do conceito das operações unitárias e do estudo da modelagem matemática de reatores químicos geraram as primeiras transformações no curso, seguidas pela inserção de conteúdos relacionados a controle de processos e simulação, consequências da terceira revolução industrial.

Com a quarta revolução industrial em curso, algumas das tecnologias habilitadoras (citadas no tópico anterior) têm relação direta com o escopo do engenheiro químico, gerando novas demandas para o profissional. A análise de dados e a simulação se destacam como ponto de partida para uma nova transformação da Engenharia Química, abrangendo novos conteúdos e, mais uma vez, se modernizando em paralelo com a indústria.

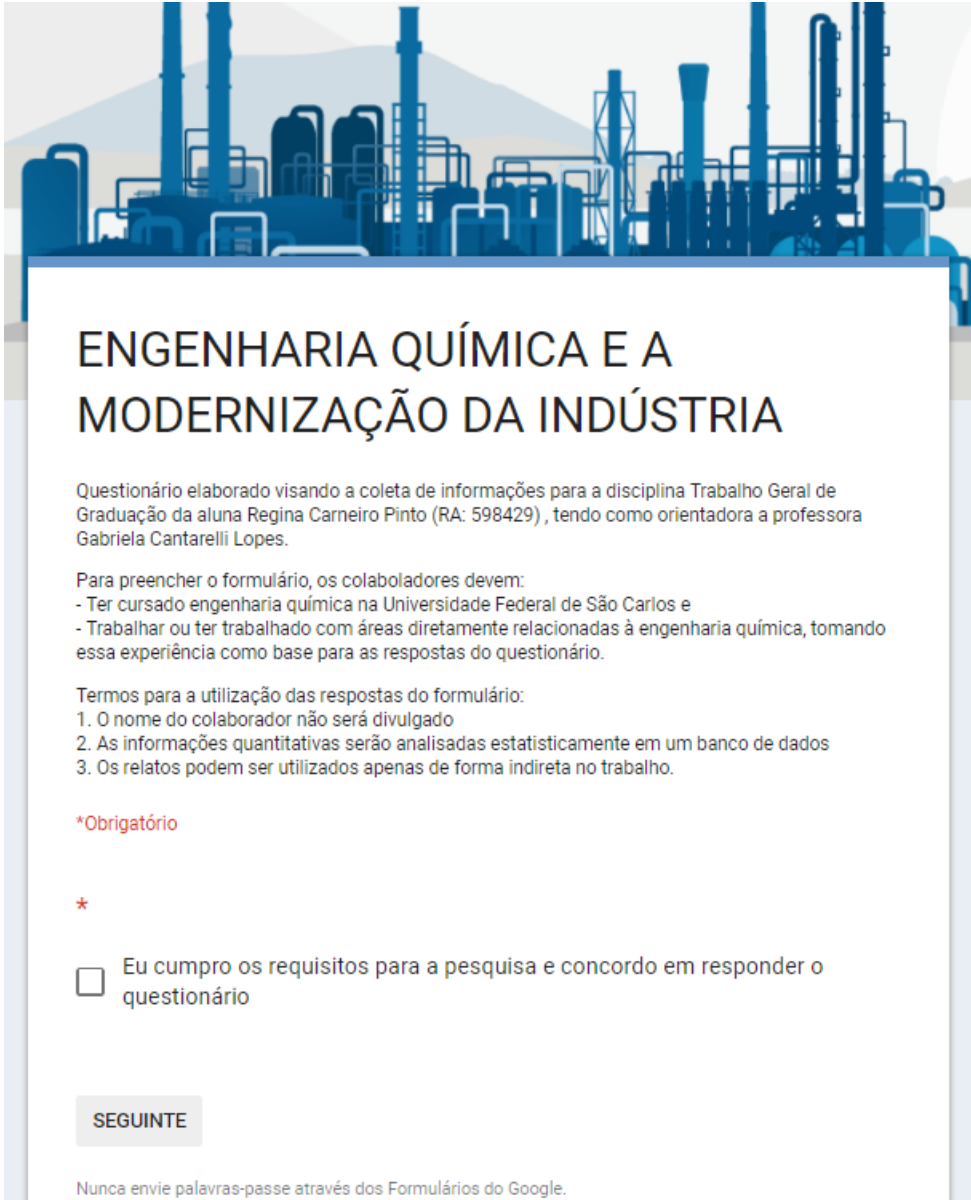
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Contato com os egressos

Para a pesquisa desenvolvida foram procurados engenheiros químicos graduados na Universidade Federal de São Carlos. Além do critério de formação, o perfil buscado deveria também necessariamente atuar (ou ter atuado recentemente) em áreas diretamente relacionadas à engenharia química.

Como material para a pesquisa, foi utilizado um formulário digital desenvolvido através da plataforma “Google Forms”. A elaboração do questionário ocorreu entre dezembro de 2018 e fevereiro de 2019, sendo que a coleta de respostas foi iniciada em 25 de fevereiro e encerrada em 28 de março, ambos de 2019. A seguir é apresentada a primeira página do questionário, contendo as informações gerais do mesmo, e o campo relacionado à autorização para o uso das informações coletadas.

Figura 4: Primeira Página do Questionário Utilizado no Trabalho



**ENGENHARIA QUÍMICA E A
MODERNIZAÇÃO DA INDÚSTRIA**

Questionário elaborado visando a coleta de informações para a disciplina Trabalho Geral de Graduação da aluna Regina Carneiro Pinto (RA: 598429), tendo como orientadora a professora Gabriela Cantarelli Lopes.

Para preencher o formulário, os colaboradores devem:

- Ter cursado engenharia química na Universidade Federal de São Carlos e
- Trabalhar ou ter trabalhado com áreas diretamente relacionadas à engenharia química, tomando essa experiência como base para as respostas do questionário.

Termos para a utilização das respostas do formulário:

1. O nome do colaborador não será divulgado
2. As informações quantitativas serão analisadas estatisticamente em um banco de dados
3. Os relatos podem ser utilizados apenas de forma indireta no trabalho.

*Obrigatório

*

Eu cumpro os requisitos para a pesquisa e concordo em responder o questionário

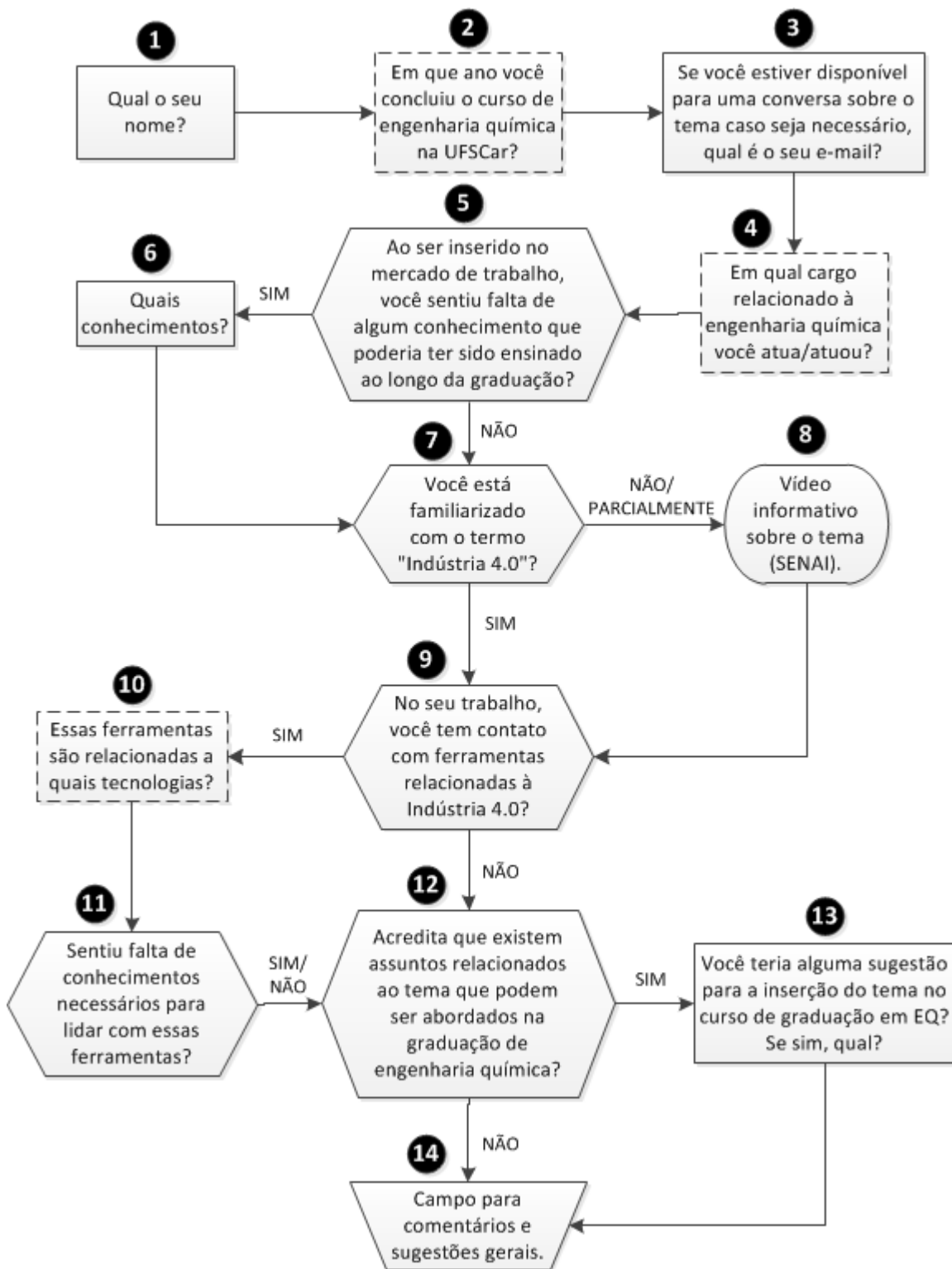
SEGUINTE

Nunca envie palavras-passe através dos Formulários do Google.

Fonte: Arquivo Pessoal.

O conteúdo do formulário foi elaborado visando abordar tópicos considerados principais para o trabalho, que serão explicados posteriormente. A imagem a seguir é um resumo estrutural do questionário, contendo as perguntas e opções de caminhos possíveis de acordo com a resposta dada pelo entrevistado.

Figura 5: Fluxograma das Perguntas Realizadas no Questionário



Fonte: Arquivo Pessoal.

Como é possível constatar intuitivamente, os blocos do fluxograma têm distinção seguindo a diferenciação de forma geométrica e o formato da linha de contorno. Os

retângulos com linhas contínuas englobam as perguntas cujas respostas deveriam ser inseridas em um campo aberto, como é o caso de coleta de informações básicas como nome e e-mail (campos 1 e 3, respectivamente).

No caso do retângulo com a linha tracejada, as possibilidades de resposta se encontravam pré-definidas, seja por lista suspensa (como foi o caso do campo 2, que continha os anos entre 1977 e 2018) ou por opções de seleção (campos 4 e 10). A seguir as Figuras 6 e 7 mostram as opções de resposta para as perguntas dos campos 4 e 10.

Figura 6: Opções de Resposta sobre a Área de Atuação

Em qual cargo relacionado à engenharia química você atua/atuou? *

- Engenheir@ de processos
- Engenheir@ de produção
- Engenheir@ de projetos
- Engenheir@ de manufatura
- Engenheir@ de segurança e meio ambiente
- Engenheir@ de controle de qualidade
- Pesquisa e docência
- Pesquisa e desenvolvimento
- Outra: _____

Fonte: Arquivo Pessoal.

Figura 7: Opções de Resposta sobre as Tecnologias da Manufatura Avançada

Essas ferramentas são relacionadas a quais tecnologias? *

- Big Data e Data Analytics
- Simulação
- Internet das Coisas
- Cyber Physical Systems (CPS)
- Manufatura Aditiva
- Manutenção Preventiva
- Outra: _____

Fonte: Arquivo Pessoal.

Ainda em relação à Figura 5, os hexágonos abrigam perguntas cuja resposta deveria ser respondida com as opções pré-definidas com os campos “sim” e “não” (no caso do campo 7, foi adicionada também a opção “talvez”). As perguntas desse grupo na maioria das vezes foram responsáveis pela diferenciação do caminho a ser seguido no formulário, adicionando uma nova etapa de perguntas ou avançando para a etapa seguinte. A partir do campo 5, por exemplo, caso o entrevistado respondesse “sim” para a pergunta, seria direcionado para a pergunta do campo 6 e posteriormente para o campo 7, caso responda “não”, iria diretamente para o campo 7.

Finalizando, duas outras formas aparecem no fluxograma sendo elas a forma oval, que indica a aparição de um vídeo no campo 8, com o intuito de passar informações didáticas sobre o tema, e o trapézio, que serviu como um campo livre para o entrevistado dar sugestões gerais, no campo 14. A Figura 8 ilustra o campo 8, com a tela inicial do vídeo do SENAI utilizado para informar sobre o tema.

Figura 8: Vídeo Educativo do Senai Incluído no Questionário

Caso queira conhecer um pouco mais o tema, assista o vídeo produzido pelo SENAI.

SENAI São Paulo - O que é a Indústria 4.0?



Fonte: Arquivo Pessoal.

Em uma análise mais detalhada, o objetivo de cada uma das perguntas é apresentado no Quadro 1:

Quadro 1: Objetivo das Perguntas Utilizadas no Questionário

nº	PERGUNTA	OBJETIVO
1	Qual o seu nome?	Identificação do entrevistado.
2	Em que ano você concluiu o curso de engenharia química na UFSCar?	Identificação do ano do período de atuação do engenheiro e da situação da indústria no momento da saída da universidade.
3	Se você estiver disponível para uma conversa sobre o tema caso seja necessário, qual é o seu e-mail?	Estabelecimento da rede de contato caso fosse necessário o maior aprofundamento relacionado à alguma resposta fornecida para o trabalho.
4	Em qual cargo relacionado à engenharia química você atua/atuou?	Levantamento do campo de atuação do profissional visando estabelecer possíveis relações com outras informações coletadas na pesquisa.
5	Ao ser inserido no mercado de trabalho você sentiu falta de algum conhecimento que poderia ter sido ensinado ao longo da graduação?	Identificação quantitativa geral da demanda de conhecimentos técnicos no momento de entrada no mercado de trabalho (sentiu falta/não sentiu falta).
6	Quais conhecimentos?	Mapeamento da demanda de conhecimentos técnicos no momento de entrada no mercado de trabalho.
7	Você está familiarizado com o termo "Indústria 4.0"?	Levantamento quantitativo da identificação dos entrevistados com o termo "Indústria 4.0"
8	Vídeo informativo sobre o tema (SENAI).	Apresentação dos conceitos do tema visando pontuar os principais pontos e, assim, estabelecer a relação entre o "teórico" e o "concreto".
9	No seu trabalho, você tem contato com ferramentas relacionadas à Indústria 4.0?	Identificação quantitativa do uso das ferramentas da Indústria 4.0 (utilizo/não utilizo).
10	Essas ferramentas são relacionadas a quais tecnologias?	Mapeamento das tecnologias utilizadas por cada um dos entrevistados.

11	Sentiu falta de conhecimentos necessários para lidar com essas ferramentas?	Identificação quantitativa da demanda de conhecimento para lidar com as ferramentas utilizadas no dia a dia.
12	Acredita que existem assuntos relacionados ao tema que podem ser abordados na graduação de engenharia química?	Pesquisa de opinião sobre a possível relação entre as ferramentas da indústria 4.0 e a graduação de engenharia química (acredito que o tema pode ser abordado na graduação/não acredito que o tema pode ser abordado na graduação).
13	Você teria alguma sugestão para a inserção do tema no curso de graduação em EQ? Se sim, qual?	Campo para sugestões da abordagem do tema na graduação.
14	Campo para comentários e sugestões gerais.	Campo para sugestões e comentários gerais sobre o tema, a pesquisa e o trabalho.

3.2 Engenharia Química

I. Estrutura Curricular da Engenharia Química

O curso de engenharia química da Universidade Federal de São Carlos foi criado em 30 de abril de 1976 e atualmente disponibiliza 80 vagas anuais. O turno de funcionamento do curso é integral em 10 semestres e conta com 264 créditos.

A divisão das disciplinas pode ser realizada em três grandes grupos: disciplinas de base, aglutinadoras e consolidadoras.

As disciplinas de base são as pertencentes aos departamentos de matemática, química e física, ensinando também conceitos de bioquímica. Elas são responsáveis pelo estabelecimento de uma base sólida de aprendizagem nos conhecimentos da engenharia.

Nas disciplinas aglutinadoras o aluno aplica os conhecimentos absorvidos nas disciplinas de base, os relacionando com situações práticas. Na engenharia química as matérias teóricas são as disciplinas aglutinadoras: fenômenos de transporte, operações unitárias e reatores químicos e bioquímicos.

Por último, as disciplinas consolidadoras unem os conhecimentos absorvidos ao longo do curso em matérias de aplicação interdisciplinar, prezando pelo formato de projeto, pesquisa e desenvolvimento de processos químicos. Segundo o projeto pedagógico do curso, nesse grupo de disciplinas o aluno é estimulado a “tomar a iniciativa de retomar os conceitos

que deve utilizar e a forma de utilizá-los”. Na grade curricular, exemplos de disciplinas consolidadoras são: trabalho de graduação, estágio supervisionado, desenvolvimento de processos químicos e projeto de processos e de instalações (CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA: PROJETO PEDAGÓGICO, 2009).

Além da estrutura da grade curricular da UFSCar, disciplinas oferecidas por outras universidades na graduação de engenharia química também foram utilizadas como material para o desenvolvimento do projeto.

II. O engenheiro químico: presente e futuro

Em uma definição tradicional, na matéria “Que Curso eu Faço? Engenharia Química”, desenvolvida pelo em ClickCiência UFSCar, o engenheiro químico é o profissional que lida com processos industriais atrelados a transformações físico-químicas, podendo atuar em planejamentos de fábricas e na otimização de processos, além de estar diretamente relacionado à pesquisa de inovações e tecnologias mais eficazes para o processo produtivo.

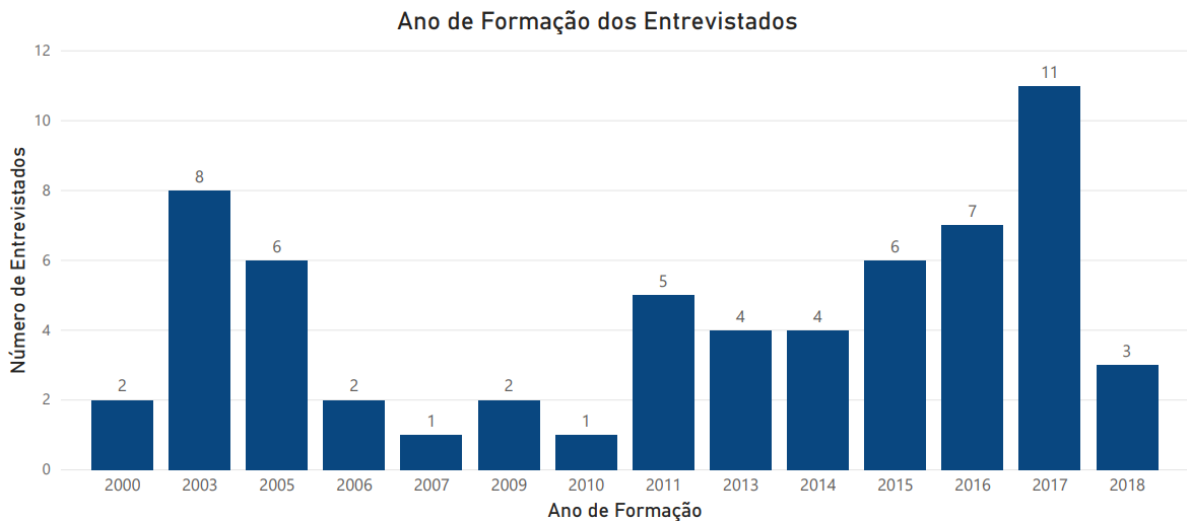
Como consequência da quarta revolução industrial, o aumento da quantidade dos dados gerados no terceiro nível da pirâmide de automação industrial faz com que uma nova vertente do profissional se desenvolva. Hoje quando o assunto é otimização de processos, os dados gerados na indústria podem auxiliar enormemente nas melhorias e tomadas de decisão. Dessa forma, saber lidar com os dados passa a ser essencial. No artigo “A Indústria 4.0, a indústria química e o profissional da indústria”, publicado em 2020 no site *Química.com.br*, Bernardo afirma que é esperado que o engenheiro de processos se torne um “engenheiro de análise de processos” que teria a função de atuar entre as funções de engenheiro de processos tradicional e o cientista de dados. Para adquirir os novos conhecimentos necessários, novos assuntos devem ser abordados na graduação.

4. RESULTADOS

4.1 Contato com os egressos

Ao longo do período de coleta de respostas 62 pessoas foram entrevistadas, todas elas atendendo aos requisitos exigidos. O ano de formação dos egressos variou entre 2000 e 2018, sendo que o gráfico a seguir ilustra os dados de forma completa:

Figura 9: Gráfico de Barras com Ano de Formação dos Entrevistados

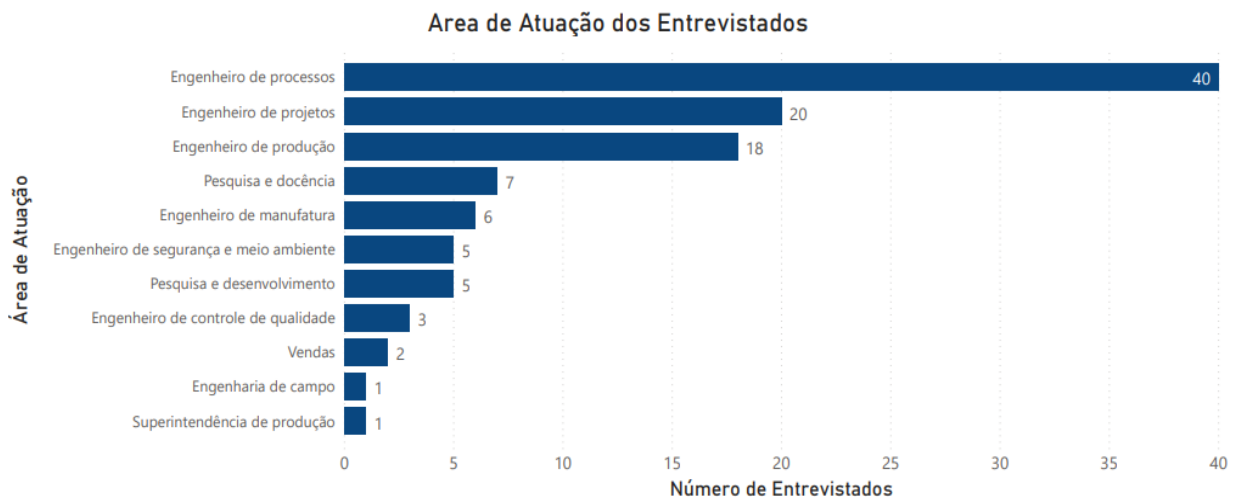


Fonte: Arquivo Pessoal

O ano de formação com maior número de entrevistados foi 2017 com 11 entrevistados. No geral, a pesquisa atingiu quase duas décadas de turmas do Departamento de Engenharia Química da UFSCar.

Em relação à área de atuação, os cargos mais ocupados pelos entrevistados foram engenheiro de processos, de projetos e de produção, seguidos por pesquisa e docência. Nesse caso, é válido lembrar que era possível selecionar mais de uma opção na pesquisa e, dessa forma, o cálculo das porcentagens foi feito baseando-se no número de respostas, de forma a informar quantas pessoas entrevistadas atuam ou atuaram em determinada função. Assim sendo, o valor total da soma das porcentagens será superior a 100%. No gráfico a seguir, os valores para cada uma das respostas são ilustrados:

Figura 10: Gráfico Ilustrando as Áreas de Atuação dos Entrevistados



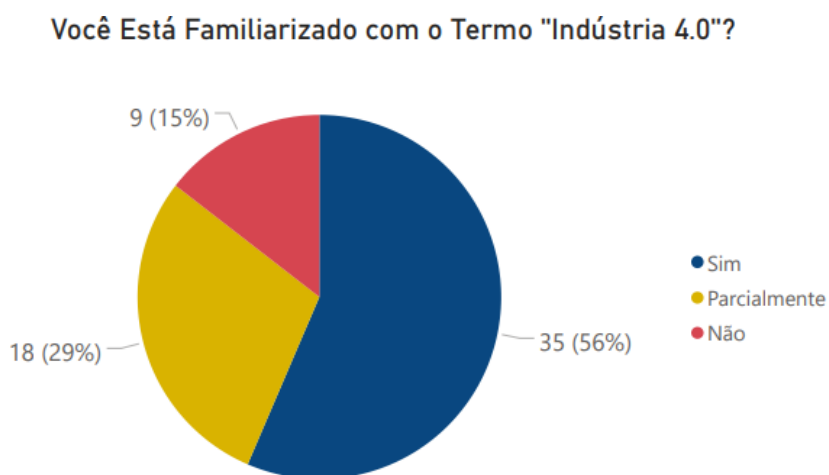
Fonte: Arquivo Pessoal

Seguindo a pesquisa, ao serem questionados com a pergunta “ao ser inserido no mercado de trabalho, você sentiu falta de algum conhecimento que poderia ter sido ensinado ao longo da graduação?”, 83,87% dos entrevistados responderam que sim.

Quando questionados a respeito de quais conhecimentos em uma pergunta com resposta aberta, 19,23% dos entrevistados citaram assuntos relacionados à indústria 4.0 antes mesmo do tema ser mencionado. Nas respostas foram citados conhecimentos em tecnologias de computação e programação, análise de dados, estatística aplicada a processos químicos, um maior contato com softwares atualmente utilizados na indústria e, em uma resposta, o tema foi diretamente mencionado na frase “contato com o tema e tecnologias relacionados à indústria 4.0”.

Partindo para a inclusão direta da temática na pesquisa, foi perguntado aos entrevistados se eles estavam familiarizados com o termo “Indústria 4.0” e a divisão das respostas pode ser observada no gráfico a seguir:

Figura 10: Distribuição Porcentual para as Respostas sobre a Familiarização com o Tema



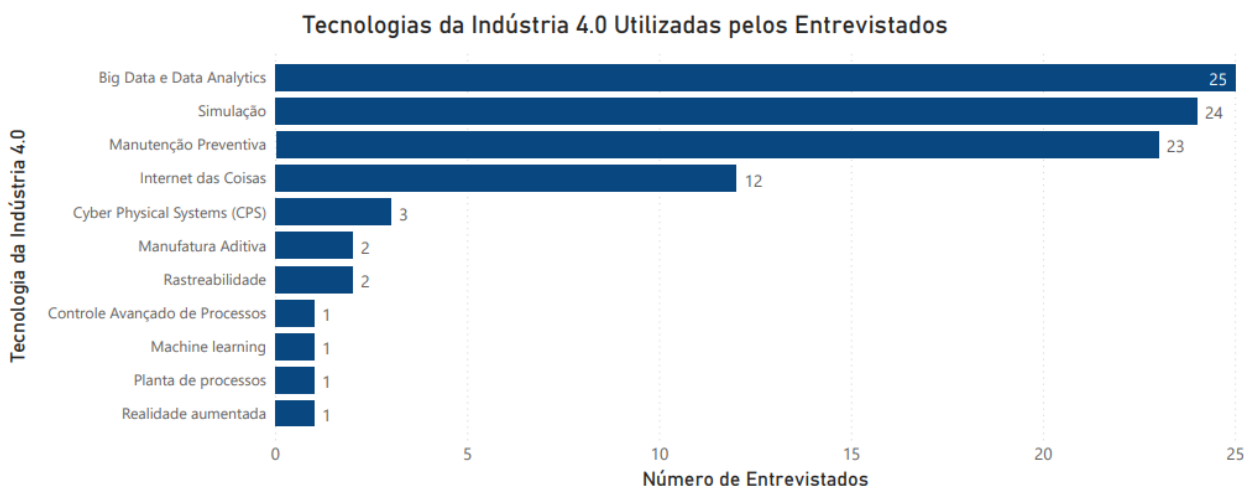
Fonte: Arquivo Pessoal

Como explicado na Figura 5, após apresentar um vídeo didático para os que não conheciam o tema, os entrevistados foram questionados sobre a utilização de ferramentas relacionadas à indústria 4.0 em seu dia a dia do trabalho. Para 58,06% dos entrevistados, a resposta foi afirmativa.

Segundo a pesquisa, as ferramentas mais utilizadas são “Big Data e Data Analytics”, “Simulação”, “Manutenção Preventiva” e “Internet das Coisas”. O conjunto total de resposta é apresentado no gráfico a seguir. Lembrando que, da mesma forma do ocorrido na pergunta

relacionada ao cargo, o entrevistado poderia selecionar mais de uma ferramenta nessa questão.

Figura 11: Gráfico com as Tecnologias da Indústria 4.0 Utilizadas pelos Entrevistados



Fonte: Arquivo Pessoal

De forma geral, 55,56% dos entrevistados responderam sim ao serem questionados sobre terem sentido falta de conhecimentos para lidar com essas tecnologias.

Finalizando a entrevista, 98,39% dos entrevistados afirmaram acreditar que assuntos relacionados à indústria 4.0 poderiam ser abordados na graduação de engenharia química. A seguir encontram-se as principais sugestões dos entrevistados divididas em blocos, contendo o contexto geral.

Noções da Indústria 4.0

Considerando que esse é o tema principal da pesquisa, a implementação de conceitos relacionados à manufatura avançada foi algumas vezes citada nas sugestões, seja em uma visão mais ampla abordando o tema geral ou o implementando em matérias já presentes na graduação.

Em uma abordagem geral, as sugestões para tratar o tema sempre foram citadas com a possibilidade de fazê-lo de forma dinâmica, utilizando exemplos práticos relacionados à teoria e, em alguns momentos, utilizando laboratórios para demonstração das tecnologias. Em relação ao último ponto, o contato com feiras tecnológicas também foi citado como uma boa opção para a atualização dos graduandos em relação às novidades.

Utilizando a abordagem de implementação do tema na graduação, foram citadas as matérias de Controle de Processos I e II e as disciplinas práticas de projetos como possíveis espaços para abordar o tema, mesmo de forma secundária.

Aproximação Graduação-Indústria

Um ponto fortemente citado é o da aproximação entre a universidade e a indústria, por meio de visitas técnicas para entender a rotina das fábricas ou através de palestras com os profissionais atuantes no mercado de trabalho.

Nos depoimentos, fornecedores de instrumentos da indústria foram citados como potenciais palestrantes em disciplinas de projetos. Além disso, um importante ponto citado foi a sugestão de abordar os temas relacionados à modernização da indústria antes da disciplina do estágio, para que o graduando inicie o estágio portando tais conhecimentos.

Controle de Processos

Entre as disciplinas do departamento de engenharia química, as mais citadas foram a dupla de Controle de Processos 1 e 2. Como principais pontos foram mencionadas a atualização das disciplinas passando a considerar no escopo os tópicos da hierarquia da arquitetura de automatização na indústria e o controle integrado de processos, assim como a possibilidade da realização de laboratórios das disciplinas, tornando os conceitos mais práticos.

Outro tópico citado relacionado às disciplinas foi a possibilidade de conexão das mesmas com tópicos da indústria 4.0. Dentre os possíveis tópicos a serem abordados foi citado o tema de como a tecnologia influencia o controle, tornando o mesmo cada vez mais preciso e dinâmico no processo produtivo.

Simulação e Programação

As duas outras matérias citadas nas sugestões foram Simulação de Processos e Programação. Em ambas, a modernização foi mencionada, buscando incorporar novas ferramentas.

Foi citada a possibilidade de abordar ao menos os conceitos e aplicabilidade ou até mesmo de incorporar uma matéria relacionada ao desenvolvimento de indicadores de processos utilizando modelos matemáticos em linguagens modernas como o Python.

Noções de Instrumentação

Outro tópico mencionado algumas vezes sendo colocado no meio do caminho entre o controle de processos e a análise de dados iminente da manufatura avançada é a instrumentação. Segundo os relatos, um estudo mais profundo do tema torna-se essencial em meio a modernização da indústria, sendo um conceito chave para os conceitos de big data e manutenção preventiva.

Análise de Dados

Sendo a principal tecnologia habilitadora utilizada pelos profissionais entrevistados, a análise de dados também foi citada nas sugestões de melhoria da graduação, relacionada com o desenvolvimento de técnicas de tratamentos de dados. O tema foi citado relacionado a sua importância para a tomada de decisão, seja o tratamento dos dados realizado de forma automatizada (através de inteligência artificial, por exemplo) ou manual (através de tratamento analítico ou utilizando a inferência estatística).

Segurança de Processos

Finalizando, o tema de segurança de processos também foi mencionado atrelado diretamente ao conceito de análise de risco, confiabilidade da planta e eficiência energética da mesma.

4.2 Demandas Aplicadas à Graduação

Num contexto geral, a aproximação acadêmica-industrial foi a principal sugestão da pesquisa e pode ser aplicada a grande parte das disciplinas da grade curricular.

Além disso, baseadas nas informações obtidas via pesquisa, duas são as possíveis frentes para as propostas de implementação de temas relacionados à manufatura avançada na graduação de engenharia química:

- 1) A incorporação do tema em matérias já presentes no escopo da graduação.
- 2) A criação de matérias optativas abordando o tema de forma geral ou partes do tema de forma específica;

Seguindo ambas as possibilidades, abaixo estão os tópicos comentados:

I. Disciplinas Presentes na Graduação

Controle de Processos I (10513-9) e II (10514-7)

Nas disciplinas de Controle de Processos I e II os seguintes tópicos são abordados nas ementas:

1. Introdução. 2. Modelos matemáticos para a Engenharia Química. 3. Linearização e Resolução por Transformada de Laplace. 4. Funções de Transferência e Modelos Entrada-Saída. 5. Comportamento Dinâmico de Processos Controlados por Realimentação. 6. Análise de Estabilidade de Processos Controlados por Realimentação. 7. Projeto de Controladores por Realimentação. 8. Laboratório de Automação.

1. Instrumentação Analógica e digital Distribuída. 2. Sensores, Atuadores e Redes de Comunicação Industrial. 3. Controle de Processos em Batelada baseado em Receitas. 4. Modularização do Processo. 5. Programação do Controle Discreto utilizando-se Métodos Gráficos Avançados. 6. Controle Multivariável de Processos – Matriz de Ganho Relativo. 7. Noções de controle Supervisório. 8. Introdução ao Controle Preditivo. 9. Análise de Estruturas de Controle: Processos de Separação, Processos com Reação e Processos com Transferência de Calor.

Todo o conceito teórico de controle de processos em si é abordado de forma completa pelas disciplinas, utilizando a ementa de outras universidades para a constatação. Ainda em relação à teoria, o único ponto em grande parte citado nos comentários dos egressos entrevistados foi a automação, que se torna cada vez mais importante no cenário da manufatura avançada. Apesar de ser contemplada como último tópico da ementa de Controle de Processos I, o tema poderia ser abordado de forma mais completa contemplando tópicos como a hierarquia da arquitetura de automatização na indústria.

Além disso, o ponto mais destacado pelos entrevistados e que merece atenção como melhoria da disciplina é a criação de um laboratório de controle de processos visando colocar em prática os conceitos abordados de maneira teórica.

A faculdade de engenharia química da Universidade Estadual de Campinas (FEQ Unicamp) possui na disciplina “EQ 902 - Laboratório de Engenharia Química IV” um

experimento voltado para controle de processos. A descrição do experimento, retirada do programa da disciplina oferecido pela FEQ Unicamp encontra-se a seguir:

“Determinação do modelo empírico de uma planta (identificação de processos), validação do modelo matemático do processo e o projeto de controladores PI e PID, com um estudo comparativo de desempenho dinâmico destes controladores.”

Química Analítica Geral (07406-3), Química Analítica Experimental B (07403-9) e Físico-Química Experimental (07618-0)

As três disciplinas, oferecidas no terceiro, quarto e sétimo período respectivamente, têm em comum no escopo a análise experimental, seja apresentando regras para a padronização da análise ou os procedimentos necessários para a obtenção de parâmetros importantes para o processo.

Pensando nesse campo em comum, as noções de instrumentação citadas como sugestão pelos entrevistados podem ser encaixadas no escopo das matérias, visto que é um conhecimento importante para a formação da base do engenheiro no contexto da indústria 4.0. É importante ressaltar que parte do tema é já englobado na disciplina de Controle de Processos II mas apenas como um dos muitos tópicos abordados.

Projetos de Algoritmos e Programação Computacional para Engenharia Química (10518-0)

A disciplina Projetos de Algoritmos e Programação Computacional para Engenharia Química, também conhecida como “PAPCEQ”, assim como observado nos objetivos gerais da mesma, atende muito bem a proposta de capacitar o profissional em relação à utilização de planilhas eletrônicas, considerando que a ferramenta acaba sendo utilizada na graduação e posteriormente no mercado de trabalho.

No entanto, a demanda em relação a programação computacional é cada vez maior para o profissional e a possibilidade de abordagem básica de programação torna-se cada vez mais necessária. Universidades tradicionais na engenharia química como a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Universidade Federal do Paraná (UFPR) contemplam esse tema em disciplinas básicas de computação. A seguir o objetivo da disciplina “Programação de Computadores” (DCC001) de acordo com a ementa da UFMG:

“Introduzir os conceitos associados à informática e a sua utilização em um contexto de suporte às atividades do aluno e do futuro profissional. Ajudar a desenvolver o raciocínio lógico e a capacidade de abstração do aluno através da solução de problemas técnicos e científicos, utilizando eficientemente um sistema de computação e diferentes paradigmas de programação como ferramenta de apoio e uma metodologia para o domínio da complexidade de problemas típicos. “

Introdução ao Planejamento e Análise Estatística de Experimentos (15006-1)

Na graduação oferecida pelo DEQ UFSCar a matéria de estatística é disponibilizada no quinto período e fornecida pelo Departamento de Estatística da UFSCar. Apesar de cumprir a ementa, provendo ao graduando os conceitos básicos de estatística, com a modernização da indústria e o aumento de dados disponibilizados pela mesma, o distanciamento entre a disciplina teórica e a utilização dos conceitos nos processos químicos é algo que merece a atenção da graduação.

Na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), os conceitos de estatística são oferecidos em duas disciplinas: Estatística e Probabilidades (EST031) no segundo período, e Planejamento e Análise de Experimentos (EST006) no sexto período. Segundo o professor Gustavo Matheus de Almeida, responsável pela disciplina EST006, a mesma foi incorporada pelo departamento de engenharia química (antes era oferecida pelo departamento de estatística, assim como a EST031) visando aproximar a estatística dos processos industriais, utilizando para isso exemplos relacionados à engenharia química.

Além disso, o professor Almeida também já ofereceu em forma de matéria optativa a disciplina de Estatística Industrial, em que se aprofundava em temas mais complexos da estatística como: *Principal Component Analysis* (PCA), *Artificial Neural Network* (ANN), *ANN-MultiLayer Perceptron* (MLP) e Regressão Logística.

Segurança Industrial e Análise de Risco (1001079)

A disciplina “Segurança Industrial e Análise de Risco” passou a ser ofertada em 2019 como matéria optativa e atende às sugestões dos egressos entrevistados. Os tópicos compostos na ementa são:

1. Introdução à Segurança Industrial e Análise de Risco
2. Toxicologia
3. Higiene Industrial
4. Modelos de Fonte
5. Modelos de Liberação Tóxica e de Dispersão
6. Incêndios e

Explosões 7. Reatividade Química 8. Sistemas de Alívio de Pressão e Dimensionamento dos Alívios de Pressão 9. Identificação de Perigos 10. Avaliação de Risco.

II. Novas Disciplinas

Noções da Indústria 4.0

Primeiramente, o tema poderia ser incorporado apenas como um dos tópicos a ser abordado em disciplinas práticas do fim da graduação como Engenharia dos Processos Químicos Industriais (10910-0), Desenvolvimento de Processos Químicos 1 (10605-4) e 2 (10606-2), Projeto de Processos Químicos (10608-9) e Projeto de Instalações Químicas (10609-7). Mas, além disso, uma disciplina optativa contemplando o tema de forma abrangente também seria bem-vinda, segundo a pesquisa.

Para os entrevistados, a melhor maneira de incorporar o assunto na graduação seria utilizando exemplos práticos e apresentando o tema de maneira dinâmica. Baseando-se nesses pilares, segue a proposta da disciplina optativa:

NOÇÕES DA MANUFATURA AVANÇADA

Objetivos Gerais da Disciplina

Apresentar, com exemplos práticos, exemplos da utilização dos conceitos da indústria 4.0 nos processos químicos, familiarizando o graduando com o cenário de modernização da indústria.

Ementa

1. Linha do Tempo da Indústria 2. Tecnologias Habilitadoras da Manufatura Avançada 3. Exemplos Práticos da Indústria 4.0.

Análise e Visualização de Dados

Diante da importância dos dados para a manufatura, além da adequação da disciplina de estatística mencionada anteriormente, uma matéria optativa visando unicamente a análise

de dados em processos químicos também é uma boa alternativa para o contexto da manufatura avançada.

Na UFMG, o professor Gustavo Matheus de Almeida, já citado anteriormente, desenvolveu a disciplina “Análise e Visualização de Dados em Engenharia Química” em que, além de tratar conceitos estatísticos aplicados à engenharia de processos, fala sobre linguagens atuais como o Python e sobre a visualização de dados. Por fim, o aluno deve desenvolver um projeto com os conceitos disponibilizados na teoria.

Baseando-se na disciplina do professor Almeida, a proposta inicial segue:

ANÁLISE E VISUALIZAÇÃO DE DADOS NA ENGENHARIA QUÍMICA

Objetivos Gerais da Disciplina

Apresentar ao graduando os conceitos de análise e visualização de dados de processos, utilizando noções de estatística, programação e conceitos de visualização de dados.

Ementa

1. Apresentação: Ciência de Dados na Indústria 2. Linguagens de Programação e Tratamento de Dados 3. Conceitos Estatísticos Fundamentais na Análise de Dados 4. Conceitos de Visualização de Dados.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho parte da ideia de trazer propostas de inovações para o departamento de engenharia química e, para isso, busca respaldo em profissionais formados pelo departamento e com experiência no dia a dia do engenheiro químico, seja na fábrica, no laboratório ou na sala de aula. As respostas dos egressos forneceram material para o direcionamento do trabalho por meio de dados quantitativos (relacionados aos anos de formação, às áreas de atuação e às tecnologias utilizadas) e de sugestões para a adequação da graduação diante da modernização da indústria.

Como resultado do trabalho, são apresentadas propostas para a inclusão do tema na graduação por meio da abordagem do mesmo em matérias existentes ou pela inclusão de

novas disciplinas, atendendo o objetivo trazer sugestões que podem ser melhoradas e implementadas caso o corpo docente as considere relevantes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Indusnet Fiesp. FIESP IDENTIFICA DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL E APRESENTA PROPOSTAS. Fiesp, 2018. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/noticias/fiesp-identifica-desafios-da-industria-4-0-no-brasil-e-apresenta-propostas/>. Acesso em: dezembro de 2019.

ALMEIDA, G. M; PARK, S. W. Big Data Analytics em Engenharia Química. Revista Brasileira de Engenharia Química, 2017.

ANSI/ISA-95. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/ANSI/ISA-95>. Acesso em: março de 2020.

BERNARDO, A. A Indústria 4.0, a indústria química e o profissional da indústria. Química.com.br, 2020. Disponível em: <https://www.quimica.com.br/a-industria-4-0-a-industria-quimica-e-o-profissional-da-industria/>. Acesso em: janeiro de 2020.

ClickCiência UFSCar. Que Curso eu Faço? Engenharia Química – UFSCar – São Carlos. Youtube. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ziu3Hh_bPTs. Acesso em: setembro de 2019.

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA: PROJETO PEDAGÓGICO. São Carlos, SP. 2009.

DIRETRIZES CURRICULARES – CURSOS DE GRADUAÇÃO. Ministério da Educação. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12991>. Acesso em outubro de 2020.

Ementas & Planos de Ensino. Curso de Engenharia Química – UFPR. Disponível em: http://www.tecnologia.ufpr.br/portal/cceq/?page_id=3375. Acesso em: julho de 2020.

GEORGE E. DAVIS. Science History Institute, 2017. Disponível em: <https://www.sciencehistory.org/historical-profile/george-e-davis>. Acesso em: novembro de 2019.

GRADE CURRICULAR. Departamento de Engenharia Química, Escola de Engenharia UFMG. Disponível em: <http://deq.ufmg.br/graduacao/grade-curricular>. Acesso em: julho de 2020.

INOVAÇÃO: PESQUISA COM LÍDERES EMPRESARIAIS. FSB Pesquisa. Confederação Nacional da Indústria, 2019.

MESQUITA, M. Indústria 4.0. Facamp, 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9ppmVISD7WM>. Acesso em: dezembro de 2019.

NETO, J. A., et al. Um Mapeamento Tecnológico Sobre Internet Das Coisas: Uma Visão Com Base Nas Patentes. 8th International Symposium on Technological Innovation, 2017.

OTHMAN, F. Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. Jurnal Teknologi, 2016.

PASQUINI, N. C. As Revoluções Industriais: Uma Abordagem Conceitual. Revista Tecnológica da Fatec Americana, 2020.

PEPPAS, N. A. The First Century of Chemical Engineering. Science History Institute, 2016. Disponível em: <https://www.sciencehistory.org/distillations/the-first-century-of-chemical-engineering>. Acesso em: novembro de 2019.

PROGRAMA DE DISCIPLINAS OBRIGATÓRIAS. Faculdade de Engenharia Química, Unicamp. Disponível em: <https://www.feq.unicamp.br/index.php/administracao-principal/Programas-das-Disciplinas-Obrigatorias>. Acesso em: julho de 2020.

RANKING UNIVERSITÁRIO FOLHA. Folha de São Paulo, 2019. Disponível em: <https://ruf.folha.uol.com.br/2019/>. Acesso em: março de 2020.

Redação Mundo do Plástico. Sistemas da Indústria 4.0 permitem coleta de dados do maquinário e controle dos processos produtivos. Mundo do Plástico, 2017. Disponível em: <https://mundodoplastico.plasticobrasil.com.br/inova-o/sistemas-da-industria-40-permitem-coleta-de-dados-do-maquinario-e-controle-dos-processos>. Acesso em: novembro de 2019.

REINSEL, D; GANTZ, J; RYDNING, J. Data Age 2025, The Digitization of the World: From Edge to Core. Seagate, 2018.

RODIC, B. Industry 4.0 and the New Simulation Modelling Paradigm. De Gruyter, 2017.

ROJKO, A. Industry 4.0 Concept: Background and Overview. Special Focus Paper— Industry 4.0 Concept: Background and Overview, 2017.

ROSEN, R. et al. About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing. 2015.

SILVA, Debora. Pirâmide de automação industrial: O que é? Logique, 2017. Disponível em: <https://www.logiquesistemas.com.br/blog/piramide-de-automacao-industrial/>. Acesso em: março de 2020.

SENAI São Paulo - O que é a Indústria 4.0? 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3ixQQ4elwm0>. Acesso em: dezembro de 2019.

SENAI São Paulo. DESVENDANDO A INDÚSTRIA 4.0. Disponível em: <https://online.sp.senai.br/curso/86817/483/desvendando-a-industria-40>. Curso realizado em novembro de 2018.

STARK, R; KIND, S; NEUMEYER, S. Innovations in digital modelling for next generation manufacturing system design. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 2017.

Tecnologia da Informação-Técnicas de Segurança – Código de Prática para controles de segurança da informação. ABNT, 2013.