



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**Faculdade de Engenharia Química**

**ANA BEATRIZ ALVES BORGES**

**Previsão a Médio Prazo Sobre o Ensino da Graduação  
da Engenharia Química**

**CAMPINAS, 2018**

ANA BEATRIZ ALVES BORGES

**Previsão a Médio Prazo Sobre o Ensino da Graduação  
da Engenharia Química**

Tese de Doutorado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Química da Faculdade de  
Engenharia Química da Universidade  
Estadual de Campinas para obtenção do  
título de Doutora em Engenharia Química

Orientador: Prof. Dr. Wagner dos Santos Oliveira

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À  
VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA  
PELA ANA BEATRIZ ALVES BORGES  
E ORIENTADA PELO PROF.DR.WAGNER  
DOS SANTOS OLIVEIRA

CAMPINAS  
2018

**Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s):** CNPq, 142450/2013-8

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1194-072>

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura  
Luciana Pietrosanto Milla - CRB 8/8129

B644p Borges, Ana Beatriz Alves, 1982-  
Previsão a médio prazo sobre o ensino da graduação da engenharia química / Ana Beatriz Alves Borges. – Campinas, SP : [s.n.], 2018.

Orientador: Wagner dos Santos Oliveira.  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química.

1. Delphi, Método. 2. Engenharia química. 3. Ensino. 4. Previsão. 5. Graduação. I. Oliveira, Wagner dos Santos, 1947-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Química. III. Título.

#### Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Medium term prospecting of chemical engineering undergratuation teaching

**Palavras-chave em inglês:**

Delphi, Method

Chemical engineering

Teaching

Prediction

Graduate

**Área de concentração:** Engenharia Química

**Titulação:** Doutora em Engenharia Química

**Banca examinadora:**

Wagner dos Santos Oliveira [Orientador]

João Sinézio de Carvalho

Igor Tadeu Lazzarotto Bresolim

Viktor Oswaldo Cárdenas Concha

Afonso Rodrigues de Aquino

**Data de defesa:** 07-06-2018

**Programa de Pós-Graduação:** Engenharia Química

**Tese De Doutorado defendida por Ana Beatriz Alves Borges e aprovada em 7 de junho de 2018 pela banca examinadora constituída pelos doutores:**

Prof. Dr. Wagner dos Santos Oliveira  
Instituição: Faculdade de Engenharia Química/Unicamp

Prof. Dr. João Sinézio de Carvalho Campos  
Instituição: Faculdade de Engenharia Química/Unicamp

Prof. Dr. Igor Tadeu Lazzarotto Bresolim  
Instituição: Universidade Federal de São Paulo/Unifesp

Prof. Dr. Viktor Oswaldo Cardenas Concha  
Instituição: Universidade Federal de São Paulo/Unifesp

Prof. Dr Afonso Rodrigues de Aquino  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/IPEN

Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

“A soberba não condiz com a sabedoria”

Wagner dos Santos Oliveira

“O engenheiro capaz é aquele que sabe especificar”

Wagner dos Santos Oliveira

“A educação é o grande motor do desenvolvimento pessoal”

Nelson Mandela

## **Dedicatória**

Aos meus pais que me acompanharam durante essa jornada sempre incentivando e apoiando o aprofundamento no conhecimento da Engenharia Química.

Dedico também esse trabalho ao Professor Doutor Wagner dos Santos Oliveira. Sua competência e dedicação no exercício da profissão e seu notável brilhantismo acadêmico são de profunda admiração, e seus conhecimentos e ensinamentos foram de extrema importância para a conclusão dessa pesquisa.

## **Agradecimento**

Inúmeras pessoas contribuíram para o sucesso desse trabalho. Posto aqui minha gratidão a alguma dessas pessoas:

Ao professor doutor Wagner dos Santos Oliveira, pelo apoio e tempo dedicado para que a tese pudesse ser concluída.

Agradeço ainda a CNPq pelo financiamento desta pesquisa.

À minha família, meu pai Antonio, minha mãe Sonia e meus irmão João e Mauricio que sempre estiveram presentes dando todo suporte necessário para que essa pesquisa pudesse ser realizada.

Ao amigo Diego D. Peixoto por seus inestimáveis conselhos, apoio incondicional e seus ensinamentos sobre dedicação e perseverança.

Ao amigo Luiz Gustavo Cristino por suas inúmeras conversas de apoio ao trabalho.

Aos meus demais amigos que sempre incentivaram e torceram para que mais esta etapa fosse concluída.

Agradeço a Maria Teresa Baizi Botelho Casamassa pela solicitude, prontidão e suporte administrativo.

## Resumo

O ensino é um mecanismo de aprendizagem que está diretamente ligado a relação aluno-professor. É um processo natural, dinâmico e contínuo, pois está constantemente mudando e se aprimorando para que o aprendiz possa usufruir e aplicar os conhecimentos assimilados na sociedade em que vive e para seu bem-estar. A busca pelo conhecimento tem diversas variáveis, não estando ligada apenas ao ato de ouvir, copiar e fazer exercícios. É possível enriquecer esse processo com inúmeras propostas que incentivam a participação ativa de aluno em sala de aula e aprimoram sua formação, criando uma visão prática, crítica e política da sociedade que o cerca. A formação educacional é um dos principais pilares que auxilia no desenvolvimento dessas habilidades, voltadas preferencialmente para o meio em que se insere. Nesse século XXI, cada vez mais é exigido uma grande versatilidade da formação profissional, em qualquer ramo do conhecimento. Uma das engenharias clássicas, a Engenharia Química, o cenário futuro não é diferente. O leque de opções desse profissional da EQ é diversificado, podendo atuar em diversas áreas tais como a petrolífera, de materiais, tintas e vernizes, ambiental entre muitas outras. Para atender todos os requisitos solicitados pelo mercado, aprimorar a formação do futuro engenheiro é de suma importância, frente aos cursos que são ministrados a engenharia química e estejam constantemente sofrendo alterações para que sempre possam acompanhar o ritmo pedido pela sociedade em geral. Por conta da fluidez do ensino e da dinâmica intensa da sociedade moderna, que exige um profissional com conhecimento multidisciplinar apresenta-se nesse trabalho as expectativas futuras do ensino da engenharia química na graduação nos próximos 30 anos. Investiga-se nessa tese, através do uso da metodologia Delphi, as possíveis direções que o curso de formação do futuro engenheiro químico possa seguir, sendo abordados questões sobre currículo, métodos de avaliação, dinâmica aluno-professor, mercado de trabalho, as mudanças estruturais prováveis no curso e a que tempo.

Palavra-chave: curso, engenharia química, ensino, futuro, delphi.

## **Abstract**

Formal education is a learning mechanism that is directly linked to the relationship between student and teacher. It is a natural process, dynamic and continuous, because it is constantly changing and improving itself so that the student can benefit from and make use of the knowledge acquired on the society that he or she lives in. The search for the knowledge has many variables. It is not linked only to the act of listening, copying and doing exercises. It is possible to enrich this process with countless proposals that stimulate the active participation of the student at the classroom and improve the learning process, creating a practical, critical and political view of the society that surrounds him or her. Moreover, the educational background is one of the main columns that will aid him or her on these abilities. In this 21<sup>st</sup> century, a greater versatility is more and more required from any prospective professional of any field. Being one of the classical Engineering fields, the Chemical Engineering is also affected by these new demands. The range of options for the Chemical Engineer professional is diversified, since it is possible to work on several fields such as the oilfield industry, plastics, paints and varnishes, environmental engineering, among many others. To fulfill all these requirements demanded by the market and improve the knowledge acquisition process for the future engineer, it is very important that the institutions that teach Chemical Engineering are constantly being updated so they can meet society's expectations. Due to the intense changing nature of the teaching techniques and modern society's dynamics, that demands a more and more multidisciplinary professional, this study presents future demands of the graduation course of Chemical Engineering for the next 30 years. This thesis investigates the possible directions for the undergraduate courses of Chemical Engineering by using the Delphi method. It evaluates topics such as the course grid, course evaluation methods, teacher-student dynamics, labour market and structural changes on the course.

**Keywords:** course, chemical engineering, teaching, future, delphi.

## Listas de Figuras

<b>Figura</b>	<b>Título da Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 1 –	George E. Davis.	33
Figura 2 –	Livro Escrito por George Davis.	34
Figura 3 –	Lewis Milles Norton.	34
Figura 4 –	Cursos de Engenharia Química no Brasil no século XX	40
Figura 5 –	Evolução do Crescimento de Cursos de EQ no Brasil no Século XX.	41
Figura 6 –	Evolução do Crescimento de Cursos de EQ no Brasil no Século XXI.	42
Figura 7 –	Evolução do Crescimento de Cursos de EQ no Brasil até os dias atuais.	42
Figura 8 –	Fluxograma das Etapas da Metodologia Delphi	61
Figura 9 –	Tela do Questionário Envido aos Especialistas.	74
Figura 10 –	Perfil dos Especialistas Participantes da Pesquisa.	76
Figura 11 –	Mudanças Drásticas na Grade Horária.	77
Figura 12 –	Carga Horária Ideal para o Curso de Engenharia Química (por semestre).	78
Figura 13 –	Período Ideal para Reavaliação da Estrutura Curricular.	79
Figura 14 –	Mudanças Baseadas no Patriônio Científico.	80
Figura 15 –	Mudanças Baseadas no Desenvolvimento Tecnológico.	81
Figura 16 –	Mudanças Baseadas em Necessidades Sociais.	81
Figura 17 –	Fatores que Influenciariam na Mudança de Grade Curricular.	82
Figura 18 –	Estrutura da Grade Curricular.	84
Figura 19 –	Equilíbrio entre Ensino Prático e Teórico.	84
Figura 20 –	Importância das Matérias Complementares no Curso de Engenharia Química.	85

<b>Figura</b>	<b>Título da Figura</b>	
Figura 21 –	Matérias complementares no curso de Engenharia Química.	86
Figura 22 –	Início das Matérias Fundamentais no curso de Engenharia Química.	87
Figura 23 –	Criação da disciplina Análise de Risco e Segurança.	88
Figura 24 –	Necessidade de Disciplinas Problemas Usuais de Indústria.	89
Figura 25 –	Estágio em Indústrias Químicas.	90
Figura 26 –	Estágio em Projetos Químicos.	90
Figura 27 –	Desenvolvimento de Projetos Químicos.	91
Figura 28 –	Visitas Técnicas.	91
Figura 29 –	Avaliação Eletrônica (exemplo: uso de <i>Clickers</i> )	92
Figura 30 –	Avaliação Oral.	93
Figura 31 –	Prova Escrita.	94
Figura 32 –	Trabalhos em Grupo.	95
Figura 33 –	Trabalhos em Individual.	95
Figura 34 –	Ter Vivência Somente em Pesquisas Acadêmicas	96
Figura 35 –	Ter Vivência apenas em Indústrias.	96
Figura 36 –	Ter Vivência tanto em Indústrias quanto em Pesquisas.	97
Figura 37 –	Importância do Curso Pedagógico na Formação dos Professores.	98
Figura 38 –	Contratação de profissionais da Indústria como Professores em Tempo Parcial.	99
Figura 39 –	Mudanças que Deveriam Ocorrer na Estrutura da Grade Curricular.	101
Figura 40 –	Gráfico sobre o interesse da criação de um semestre de especialização.	102
Figura 41 –	Uso dos Dispositivos Eletrônicos em Sala de Aula.	102
Figura 42 –	Presença do Aluno em Sala de Aula.	103
Figura 43 –	Formação Diferenciada.	104
Figura 44 –	Áreas que Terão Grande Enfoque no Século XXI.	105

<b>Figura</b>	<b>Título da Figura</b>	
Figura 45 –	Áreas que terão médio ou baixo enfoque no século XXI.	106
Figura 46 –	Mudanças na engenharia química como é conhecida atualmente.	108
Figura 47 –	Célula Fotovoltaica.	109
Figura 48 –	Estátua da Liberdade.	110
Figura 49 –	Energia Eólica.	111
Figura 50 –	Ônibus Movido a Pilha a Combustível.	112
Figura 51 –	Produção de Compostos Orgânicos.	113
Figura 52 –	Reator Eletroquímico tipo filtro-prensa.	114
Figura 53 –	Viabilidade da Criação do Curso de Engenharia Eletroquímica.	115
Figura A1 –	Distribuição Nacional das Universidades de Engenharia Química em 2014.	130
Figura A2 –	Distribuição Nacional das Universidades de Engenharia Química em 2016.	136
Figura B1 –	Distribuição Internacional do Ranking das Universidades de Engenharia Química em 2016.	144
Figura B2 –	Distribuição Nacional do Ranking das Universidades de Engenharia Química em 2016.	144

## Listas de Quadros

<b>Quadro</b>	<b>Título do Quadro</b>	<b>Página</b>
Quadro 1 –	Principais Áreas de Atuação do Engenheiro Químico	22
Quadro 2 –	Principais Conquistas da Engenharia Química no Século XX	24
Quadro 3 –	Conhecimento Essencial à Formação do Engenheiro Químico.	28
Quadro 4 –	Enfoques Filosóficos da Geração do Conhecimento.	56
Quadro 5 –	Classificação dos Métodos e Técnicas de Análise de Tecnologias do Futuro.	59
Quadro 6 –	Vantagens e Desvantagens de Alguns Métodos e Técnicas de Prospecção Tecnológica.	64

## Listas de Tabelas

<b>Tabela</b>	<b>Título da Tabela</b>	<b>Página</b>
Tabela A1 –	Ranking Nacional da RUF dos cursos de Engenharia Química em 2014.	130
Tabela A2 –	Ranking Nacional da RUF dos cursos de Engenharia Química em 2016.	131
Tabela B1 –	Ranking Internacional dos Cursos de Engenharia Química em 2016.	139
Tabela E1 –	Principais Associações e Instituições do Mundo.	169

## Lista de Abreviaturas

- AIChE – *American Institute of Chemical Engineers*
- CSE – Câmara de Educação Superior
- CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia
- C&T – Ciência e Tecnologia
- DNA – Ácido Desoxirribonucleico
- FEQ – Faculdade de Engenharia Química
- EQ – Engenharia Química
- IES – Instituto de Ensino Superior
- IGH – International Genomics Human
- OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
- Unicamp – Universidade Estadual de Campinas
- UMIST *The University of Manchester Institute of Science and Technology*
- UNIDO – Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial

## Sumário

<b>1 Introdução.....</b>	<b>19.</b>
1.1 A Engenharia Química .....	21.
1.1.1 Um Século na Engenharia Química.....	24.
1.1.2 Século da Biologia.....	26.
1.2 O Ensino .....	27.
1.2.1 Flexibilidade Profissional .....	29.
1.3 Estrutura da Tese .....	29.
1.4 Objetivos da Tese .....	31.
<b>2 História da Engenharia Química.....</b>	<b>32.</b>
2.1 Cenário Mundial .....	32.
2.1.1 Desenvolvimento no Brasil.....	36.
2.1.1.1 História da Engenharia Química na Unicamp .....	43.
2.1.1.1.1 Primeira Proposta Curricular .....	45.
2.2 Linha do Tempo.....	48.
<b>3 Prospecção Tecnológica .....</b>	<b>51.</b>
3.1 Histórico sobre a Prospecção Tecnológica.....	52.
3.1.1 Termos Usados na Prospecção Tecnológica.....	54.
3.1.2 Família de Métodos e Técnicas .....	55.
3.1.2.1 Árvore de Relevância .....	60.
3.1.2.2 Brainstorming .....	60.
3.1.2.3 Cenários .....	60.
3.1.2.4 Delphi .....	61.
3.1.2.5 Matriz de Impactos Cruzados .....	62.
3.1.2.6 Sistemas Dinâmicos.....	62.
3.1.2.7 Regressão.....	62.
3.2 Vantagens e Desvantagens das Técnicas.....	63.

<b>4 Delphi.....</b>	<b>65.</b>
4.1 A Técnica.....	65.
4.1.1 Vantagens .....	68.
4.1.2 Desvantagens .....	68.
4.1.3 Especialistas.....	68.
4.1.4 Formulação do Questionário.....	69.
4.1.5 Metodologia Delphi e Planejamento no Brasil.....	70.
<b>5 Resultados e Discussões .....</b>	<b>71.</b>
5.1 Metodologia.....	71.
5.1.1 Question Pro .....	73.
5.2 Escolha dos Especialistas .....	75.
5.3 Perfil dos Participantes .....	76.
5.4 Mudanças Drásticas na Grade Curricular .....	77.
5.5 Carga Horária Ideal .....	77.
5.6 Reavaliação do Curso de Engenharia Química .....	79.
5.7 Grade Curricular .....	83.
5.7.1 Carga Horária.....	83.
5.7.2 Matérias Complementares .....	85.
5.7.2.1 Disciplinas Complementares Necessárias no Currículo.....	86.
5.7.3 Início das Principais Disciplinas.....	87.
5.7.4 Análise de Risco e Segurança.....	88.
5.7.5 Disciplinas Práticas na Grade Curricular.....	89.
5.8 Práticas em Engenharia Química.....	89.
5.9 Avaliação do Aluno .....	92.
5.10 Formação do Professor .....	96.
5.10.1 Conhecimento Pedagógico .....	97.
5.10.2 Professores Ligados a Indústria .....	99.
5.11 Mudanças Necessárias na Estrutura do Curso.....	100.
5.12 Especialização .....	101.
5.13 Uso de Dispositivos Eletrônicos em Sala de Aula .....	102.
5.13.1 Teleconferências .....	103.
5.14 Formação Diferenciada.....	104.

5.15 Especulações Futuras.....	105.
5.15.1 Enfoque da Engenharia Química no Século XXI.....	105.
5.15.2 Continuidade do Curso .....	107.
5.15.3 Impressões dos Especialistas sobre o Futuro do Ensino na EQ.....	108.
5.15.4 Esgotamento das Fontes de Combustíveis Fósseis .....	109.
5.15.4.1 Células Fotovoltaicas.....	109.
5.15.4.2 Corrosão.....	110.
5.15.4.3 Energia Alternativa.....	111.
5.15.4.4 Pilhas a Combustível .....	111.
5.15.4.5 Produção de Compostos Orgânicos e Inorgânicos .....	112.
5.15.4.6 Química Fina .....	113.
5.15.4.7 Reatores Eletroquímicos.....	113.
5.15.4.8 Sinergia dos Reatores Nucleares .....	114.
5.15.4.9 Técnicas de Purificação .....	114.
5.16 Criação do Curso de Engenharia Eletroquímica.....	115.
<b>6 Conclusões.....</b>	<b>116.</b>
<b>7 Sugestões para Trabalhos Futuros .....</b>	<b>119.</b>
<b>8 Referências .....</b>	<b>121.</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>129.</b>
Anexo A – Ranking das Universidades Brasileiras.....	129.
Anexo B – Ranking Internacional das Universidades .....	137.
Anexo C – Questionário Versão Português.....	146.
Anexo D – Dados Tabulados.....	158.
Anexo E – Principais Associações e Instituições do Mundo.....	169.
Anexo F – Ata da Reunião do Departamento de Engenharia Química/Unicamp ...	170.

## 1. INTRODUÇÃO

O mundo é movido por diversas transformações, sejam elas políticas ou militares. Com a revolução cibernética, a sociedade precisa cada vez mais de pessoas que estejam aptas a resolver problemas dos mais diversos graus de complexidade, que saibam atuar nas diversas áreas do conhecimento humano de maneira eficaz.

A inovação tem se tornado um item prioritário na agenda dos principais executivos responsáveis pela gestão de empresas, sejam governamentais ou privadas, e apresentem a conexão dos processos de inovação com a crescente estratégia corporativa (GUPTA, 2004). Esse ambiente é favorecido principalmente pela comunicação, oportunidades de mercado e pessoas que saibam solucionar problemas. É nesse contexto que os profissionais de engenharia se enquadram, pois, atuam no mercado como elementos integradores capazes de analisar e gerenciar os aspectos técnicos-econômicos de projetos/processos e disponibiliza-los ao serviço da sociedade.

Todo profissional de engenharia deve estar apto a analisar, compreender e considerar os aspectos ambientais, sócio-políticos e culturais, para suprir a demanda da sociedade. Assim como também é fundamental que ele seja capaz de ter um desempenho criativo e crítico do cenário que o cerca, tendo sempre uma visão empreendedora em tecnologia. Pois com essas características, associadas em seu perfil, o profissional de engenharia química será capaz de absorver e desenvolver novas tecnologias que venham a seguir os seus conhecimentos científicos-tecnológicos. Dessa maneira é esperado na formação desse tipo de profissional que exista características humanistas, críticas e reflexivas, além de conhecimentos gerais específicos da sua área de atuação.

Segundo a legislação brasileira o profissional de engenharia deve ter as seguintes competências:

- Aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais de Engenharia;
- Assumir permanente busca por atualização profissional;
- Atuar em equipes multidisciplinares;
- Avaliar a viabilidade socioeconômica do projeto;
- Avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;
- Avaliar o impacto das atividades da Engenharia no contexto ambiental e social;

- Compreender e aplicar a ética a responsabilidade profissional;
- Comunicar-se eficientemente por meio da escrita e da fala;
- Desenvolver novas ferramentas e técnicas;
- Identificar e solucionar problemas associados a Engenharia;
- Planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços;
- Projetar e analisar: sistemas, produtos e processos;
- Projetar e conduzir experimentos, assim como ser apto a analisar os resultados;
- Supervisionar a operação e a manutenção de sistemas.

O perfil do engenheiro no século XXI foi traçado numa pesquisa de Moraes em 1998. Nessa pesquisa concluiu-se que o mercado de trabalho exigirá um engenheiro capaz de continuar aprendendo, participando e interagindo com os outros.

Dentre as características abordadas na pesquisa, as mais relevantes são:

- Apresentar obediência, disciplina e cumprimento de regras.
- Facilidade de escrever bem, expor ideias de forma organizada e ter eloquência verbal;
- Ser apto a conviver com mudança;
- Ser capacitado para o planejamento;
- Ser capaz de analisar as necessidades do mercado;
- Ser capaz de desenvolver um projeto otimizando os recursos disponíveis;
- Ser comprometido com a qualidade do projeto desenvolvido;
- Ser fiel a organização que trabalha;
- Ser fluente na língua inglesa;
- Ser preocupado com a segurança no trabalho;
- Ter habilidade de gerenciar pessoas;
- Ter habilidade de trabalhar em equipe;
- Ter visão clara do papel cliente-consumidor;
- Ter vontade de fazer uma carreira sólida;
- Valorizar a ética profissional;
- Valorizar a honra e a dignidade pessoal.

Tomando por base alguns itens citados na legislação brasileira, como no trabalho de Moraes (1998) é que se diferenciam os objetivos para esse estudo, reavendo a metodologia de formação tecnológica, que será discutida ao longo do trabalho.

## 1.1 Engenharia Química

Engenharia Química é o ramo da engenharia que trabalha com processos químicos industriais e que envolve algum tipo de transformação físico-química, podendo elaborar, executar e controlar projetos de instalação e expansão dessas indústrias. É da competência do engenheiro químico a criação de técnicas de extração de matéria prima, transformando de modo adequado para fabricação de produtos sejam têxteis, químicos e petroquímicos, plásticos, tintas, papel e celulose, tanto no campo das atividades civis ou militares.

Pela própria natureza de sua formação, que agrega princípios da matemática, da química, da física e da biologia com técnicas da engenharia, os profissionais da Engenharia Química têm sido considerados um dos mais versáteis de todos os engenheiros. (site FEQ/UNICAMP).

Constata-se assim que Engenheiros Químicos podem atuar em diversos campos do mercado de trabalho, citando-se os mais recorrentes (site FEQ/UNICAMP):

- Açúcar e Álcool;
- Alimentos e Bebidas;
- Bioengenharia;
- Cosméticos e Perfumes;
- Engenharia Aeroespacial, Ambiental, Biomédica, de Processos e Produção, de Segurança e Militar;
- Fármacos e Química Fina;
- Fertilizantes;
- Gerência de Tecnologia e Economia de Processos;
- Materiais de Construção, Plásticos, Refratários e Cerâmicos;
- Papel e Celulose;
- Pesquisa e Desenvolvimento (P&D);
- Química e Petroquímica;

- Tintas e Vernizes;
- Vendas Técnicas.

A versatilidade dos engenheiros químicos é tão grande que algumas das funções desse profissional são apresentadas no Quadro 01.

Quadro 01 – Principais Áreas de Atuação do Engenheiro Químico.

<b>Áreas de Atuação do Engenheiro Químico</b>	
<b>Áreas</b>	<b>Descrição das Atividades</b>
<b>Automação</b>	Projeta sistemas e programas de instrumentação, controle e monitoramento de processos em instalações de Indústria Química.
<b>Consultor</b>	Trabalha para diferentes <i>stakeholders</i> , oferecendo conhecimentos especializados. Em uma empresa pode atuar com uma equipe de engenheiros para projetar e construir a expansão de determinada unidade produtiva.
<b>Docência e Treinamento</b>	Contribui para a formação básica de recursos humanos no ramo da Engenharia Química. Atua em atividades de pesquisa e desenvolvimento. Pode ministrar formação complementar a profissionais em atividades de extensão dentro e fora das universidades.
<b>Engenharia Ambiental</b>	Desenvolve técnicas para reduzir e recuperar materiais úteis a partir de rejeitos produzidos durante o processo de fabricação; projeta sistemas de estocagem e tratamentos, assim como estratégias de controle de poluição para a operação de plantas; pode ser o responsável pelo monitoramento de todos os sistemas de uma instalação para cumprir a legislação ambiental.
<b>Engenharia de Processos</b>	Projeta os meios de produção e equipamentos, assim como define os materiais empregados no processo produtivo. Provê suporte técnico para a equipe e procedimentos de localização de defeitos operacionais em uma instalação para manter a unidade de processamento operando com eficiência e eficácia.
<b>Engenharia de Produção</b>	É responsável pela operação de um processo específico de transformação, trabalhando diretamente com os operadores para garantir que um produto e/ou uma matéria-prima em processamento esteja(m) de acordo com as especificações.

(Fonte: Zakon e Manhães, 2004)

Quadro 01 – Principais Áreas de Atuação do Engenheiro Químico (continuação).

<b>Áreas de Atuação do Engenheiro Químico</b>	
<b>Áreas</b>	<b>Descrição das Atividades</b>
<b>Engenharia de Produto e de Qualidade</b>	Acompanha e monitora o ciclo de um produto para garantir a sua especificidade. Conduz ensaios para determinar desempenho do produto ao longo do tempo. Realiza pesquisas, desenvolve e acompanha as políticas e os procedimentos que as empresas devem seguir para garantir o correto manuseio de produtos e componentes químicos.
<b>Engenharia de Segurança</b>	Projeta e mantém as plantas (unidades industriais) seguras. Responsável pela condução e análise de segurança de todos os equipamentos, assim como dos públicos afetados pelo processo produtivo.
<b>Gestão de Projetos</b>	Coordena e supervisiona o projeto global e a construção de nova instalação, bem como gerencia as operações subsequentes e seu progresso. Pode ser o responsável pela partida de um processo específico de uma indústria.
<b>Gestão Financeira</b>	Desenvolve orçamentos e projeções de capital para a instalação industrial ou de processo, trabalhando associado a equipes de produção e de projeto para identificar as necessidades exatas de um novo processo e, então, planejar os recursos de capital necessários para implementar o empreendimento no seu ramo de competência.
<b>Gestão Tecnológica</b>	É o responsável pela equipe de Engenharia e programas em instalação produtiva. Gerencia profissionais, programas de pesquisa e operações diárias das funções de engenharia. Podendo coordenar trabalhos globais de pesquisa e de desenvolvimento.
<b>Vendas e Mercado</b>	Dá assistência técnica aos clientes para solucionar problemas de produção e de processo, pela oferta de produtos e serviços para atender necessidades específicas, empregando seus conhecimentos para vender produtos químicos, equipamentos, bem como oferecer serviços de acompanhamento e treinamento quando necessários.

(Fonte: Zakon e Manhães, 2004)

Posto em vista essa atividade, é de suma importância que o currículo da engenharia química acompanhe de modo eficaz essas mudanças e se adeque de maneira a formar, da melhor forma possível, os próximos Engenheiros Químicos que farão parte do mercado de trabalho.

### 1.1.1 Um Século na Engenharia Química

As origens da engenharia química moderna estão enraizadas na Alemanha. As universidades de Göttingen, Giessen e Heidelberg formaram uma geração de químicos que aplicaram os fundamentos da ciência básica fundamental à produção em grande escala de processos de interesse da química industrial (PORTO, 2002). Mais tarde alguns desses químico-industriais migram para os Estados Unidos onde constituíram equipes responsáveis pela construção de laboratórios, ajudando assim a formar os futuros engenheiros industriais. A história do nascimento da Engenharia Química será detalhada mais profundamente no Capítulo 02 desse trabalho.

O engenheiro químico é um profissional com conhecimento científico-tecnológico diversificado, podendo atuar em diversas áreas do conhecimento humano. Durante o Século XX muitas foram suas conquistas. De acordo com o *American Institute of Chemical Engineers* (AIChE), durante o último século, as principais conquistas obtidas por essa profissão são descritas no Quadro 02.

Quadro 02 – Principais Conquistas da Engenharia Química no Século XX.

Produtos	Comentários
<b>Artefatos Biomédicos</b>	A aplicação do conceito de operações unitárias foi decisiva para o sucesso e desenvolvimento de órgãos artificiais e implantes, além de drogas microencapsuladas par administração controlada de princípios ativos.
<b>Borracha Sintética</b>	A produção da borracha sintética, bem como a de combustíveis líquidos, constituiu-se em um fator importante durante a II Guerra Mundial. A capacidade de produzir pneus e outros artefatos é de suma importância para humanidade. Nossos meios de transporte dependem muito das borrachas sintéticas, sejam automóveis, ônibus, tênis de caminhada, etc.

(Fonte: Porto, 2004)

Quadro 02 – Principais Conquistas da Engenharia Química no Século XX. (continuação)

Produtos	Comentários
<b>Conversores Catalíticos</b>	O desenvolvimento de conversores catalíticos automotivos e o aumento da octanagem da gasolina são dois bons exemplos de como os engenheiros químicos contribuem para a redução dos problemas ambientais. Através de técnicas apropriadas, a redução da poluição é também alcançada com a substituição de compostos naturais por compostos sintéticos, através de processamento mais eficiente e tecnologias de reciclagem.
<b>Fertilizantes</b>	A produção de fertilizantes é uma das grandes conquistas da humanidade. A necessidade de se fixar o nitrogênio do ar e da incorporação do potássio e do fósforo na composição de produtos adequados ao solo, permitiu a melhoria e o aumento na produção de alimentos, sem o qual, o crescimento populacional teria sido freado pela escassez e insuficiência de alimentos.
<b>Fibras Sintéticas</b>	A utilização de fibras sintéticas na produção de colchões, travesseiros, meias de nylon, coletes a prova de balas, e uma infinidade de outros artigos de uso diário, permitiu a substituição do algodão e da lã, fazendo com que os acessos a esses produtos fossem facilitados e tornando a vida mais confortável e atraente.
<b>Gases Puros</b>	A liquefação do ar a 160°C abaixo de zero, permite a separação dos seus componentes. O nitrogênio do ar é utilizado na recuperação de petróleo, congelamento de alimentos, produção de semicondutores e como gás inerte em várias reações químicas; já o oxigênio é utilizado na fabricação do aço, na soldagem de metais, e em aparelhos de respiração artificial, entre outras diversas utilidades.
<b>Isótopos Radioativos</b>	Isótopos não servem apenas para fazer bombas atômicas; sua separação e desintegração permitem que sejam utilizados amplamente na medicina para monitorar o funcionamento do organismo, identificar as artérias e veias bloqueadas, identificar mecanismos metabólicos; são ainda utilizadas por arqueólogos para datação de artefatos, entre outras aplicações.
<b>Medicamentos</b>	A participação da engenharia química para a produção em massa de medicamentos é fundamental. Desde a descoberta da penicilina em 1929, e o uso do conhecimento dos engenheiros químicos é indispensável na produção de fármacos em escala industrial.

(Fonte: Porto, 2004)

Quadro 02 – Principais Conquistas da Engenharia Química no Século XX. (continuação)

Produtos	Comentários
<b>Plásticos</b>	Embora o início do desenvolvimento da química de polímeros seja datado do fim do Século XIX, foi somente com a contribuição da engenharia química do Século XX que viabilizou a produção em massa e econômica dos plásticos. O desenvolvimento das Operações Unitárias foi fundamental para a produção em larga escala dos plásticos.
<b>Produtos Petroquímicos</b>	O desenvolvimento do craqueamento catalítico, que permite a quebra de compostos oriundos do petróleo em moléculas básicas viabilizou a produção em larga escala de gasolina, óleo diesel, óleos lubrificantes, borrachas e fibras sintéticas. A tecnologia petroquímica transformou a vida moderna e permitiam a fabricação a baixo custo de inúmeros bens duráveis e de consumo.

(Fonte: Porto, 2004)

Como se pode notar no Quadro 02, a maioria dos “produtos” apresentados são os que resumem e modelam a sociedade moderna atual. É importante salientar que as descobertas e os avanços obtidos na área da ciência dos materiais levaram a sociedade a criar produtos para suas necessidades básicas. Ao se considerar a nanotecnologia, uma nova classe de materiais deve surgir, alterando de modo significativo as tecnologias amplamente estudadas atualmente: sensores de resposta ultrarrápida, óptico-eletrônico, fotovoltaico, tunelamento de elétron e catálise. (KLEINTJENS, 1999)

### 1.1.2 *Século da Biologia*

Se o século XX foi o século da física e da química, o século XXI será da Biotecnologia e da Genética. A frase anterior é comumente utilizada para descrever o que os especialistas esperam do século XXI. Ao que tudo indica os constantes avanços tecnológicos e científico farão com que a biologia sistêmica (ciência que descreve a biodiversidade e tenta compreender as relações filogenéticas) terá um crescimento interno no campo da pesquisa quando comparado com ao da física e da química.

Uma das preocupações mais comuns da humanidade é sobre novas fontes de energia. Enquanto que no Século XX a energia era tirada de carvão, petróleo e de outras fontes não renováveis, no século XXI espera-se que grande parte da energia venha de tecnologias

classificadas como limpas tais como as pilhas a combustível, os painéis solares, a biomassa, a eólica entre outras.

Considerando outras áreas de formação no início do século XXI, cita-se, por exemplo, o Projeto Genoma e o consequente sequenciamento dos genes das estruturas de DNA (ácido desoxirribonucleico), que abriu uma porta para o domínio da síntese de novas proteínas. (IGH, 2001)

Na Bioquímica, os processos enzimáticos estão sendo amplamente desenvolvidos. Logo, o engenheiro químico poderá atuar em processos de produção de proteínas, tecidos, órgãos e medicamentos.

## **1.2 O Ensino**

O aluno que opta pelo curso de engenharia química, geralmente, tem grande afinidade com matemática, uma paixão pela física e simpatia pela química. E são nessas três disciplinas que estão os pilares e a estrutura da Engenharia Química.

Nesse início de século XXI, os avanços da biotecnologia impactaram no currículo do futuro engenheiro químico, e aos poucos vêm sendo incorporadas nas grades horárias, disciplinas que abordem o estudo dela. Essa multidisciplinariedade é graças ao amplo currículo que o estudante de engenharia é submetido nos anos de graduação.

A grade curricular do curso de Engenharia Química pode ser dividida em quatro grandes categorias, conforme mostra o Quadro 01.

Ciências Básicas e Ciências de Engenharia Química serão aquelas disciplinas que proporcionarão aos futuros profissionais enxergar o mundo de modo mais prático. Conhecer, entender e ser curioso com o funcionamento de tudo que está ao seu redor é importante para sua formação. As Tecnologias de Engenharia Química permitirão ao aluno que aplique o conceito fundamental em práticas propriamente ditas da engenharia, no caso da engenharia química, o futuro profissional aprenderá, por exemplo, a projetar e dimensionar um equipamento. Finalmente as disciplinas ministradas no grupo de Gestão, serão aquelas que permitirão o aluno colocar seu conhecimento perante a sociedade, planejando e melhorando o processo industrial a fim de agregar melhoria na vida da comunidade. (CREMASCO, 2004)

Quadro 03 – Conhecimento Essencial à Formação do Engenheiro Químico.

- **Ciências Básicas:**
  - ✓ Matemática
  - ✓ Física
  - ✓ Química
  - ✓ Ciências Biológicas
  - ✓ Ciências Humanas
  - ✓ Economia
- **Ciências da Engenharia Química:**
  - ✓ Termodinâmica
  - ✓ Fenômenos de Transporte
  - ✓ Cinética Química
  - ✓ Ciências Biológicas
  - ✓ Ciências Humanas
- **Tecnologia Química:**
  - ✓ Operações Unitárias
  - ✓ Reatores Químicos e Eletroquímicos
- **Gestão:**
  - ✓ Tecnológica
  - ✓ Organizacional

(Fonte: Adaptado de Cremasco, 2004)

No Brasil, existe a Câmara de Educação Superior (CES) que estabeleceu algumas diretrizes para o currículo nacional do curso de engenharia química. (BRASIL, 2002). Determinado que todo curso de Engenharia Química no Brasil deva ter um conteúdo básico, profissionalizante e específico afim de moldar a profissão.

O tempo de duração do curso é em média de 5 anos. E todas as instituições tem livre arbítrio para formar a grade curricular do curso, de acordo com suas necessidades, desde que siga a resolução presente no CNE/CES de 11/2002.

### 1.2.1 *Flexibilidade Profissional*

Os desafios para o engenheiro químico do século XXI são muitos. Devendo obter uma formação clássica de engenharia química (fundamentação importante em áreas como física, química e matemática) ao mesmo tempo que terá que expandir suas fronteiras de conhecimento para campos interdisciplinares, devido também obter formação básica de bioquímica e biologia. (PORTO, 2004)

Dessa maneira, a grade curricular dos cursos de engenharia química, no século XXI, tem que visar como objetivo de formação, profissionais que sejam capazes de atuarem como empreendedores, tenham iniciativa e, capacidade de liderança assim como aptidões sociais e profissionais. Para que isso seja possível é preciso que as disciplinas tradicionais da engenharia química se adequem aos novos desafios propostos pelos avanços da ciência e da tecnologia, tendo como forças motrizes os anseios sociais.

### 1.3 Estrutura da Tese

Nesse tópico será apresentada a estrutura deste trabalho. Ao todo, esta tese contém sete capítulos, sendo que a pesquisa e seus resultados são apresentados em cinco capítulos. Apresenta-se a seguir uma breve descrição de cada capítulo.

- Capítulo 02 – História da Engenharia Química: nesse capítulo apresenta-se um resumo do “nascimento” da EQ no mundo e, o seu desenvolvimento no Brasil. É dada uma atenção especial ao desenvolvimento do curso na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).
- Capítulo 03 – Prospecção Tecnológica: nesse capítulo apresenta-se a relevância de um estudo de prospecção tecnológica e suas diversas aplicações, assim como, tipos de metodologias usualmente utilizadas.
- Capítulo 4 – Metodologia Delphi: exposição da metodologia Delphi, explicitando, a origem da técnica, suas principais vantagens e desvantagens, assim como o método de condução da pesquisa. Também é discutida a construção do questionário, e é apresentado como foram registrados e tabulados os dados da pesquisa através do sistema do *QuestionPro*, descrito neste trabalho;

- Capítulo 05 – Resultados e Discussões: apresentação e discussão dos dados obtidos durante a pesquisa sobre o ensino da Engenharia Química. Sendo explicitado como eles foram recolhidos;
- Capítulo 06 – Conclusão: capítulo destinado para apresentar as principais conclusões obtidas com o estudo;
- Capítulo 07 – Sugestões de Trabalhos Futuros: é um capítulo dedicado a ideias que possam ser usadas por futuros pesquisadores que desejam trabalhar em pesquisas no ramo do ensino na engenharia química.

Ainda nesse trabalho são apresentados cinco anexos.

- Anexo A – Apresenta um Ranking Nacional das melhores Universidades que ensinam Engenharia Química no Brasil.
- Anexo B – Apresenta um Ranking Internacional das melhores Universidades que ensinam Engenharia Química no mundo.
- Anexo C – Apresenta o questionário enviado aos especialistas na versão do idioma português.
- Anexo D – Dados Tabulados da Pesquisa Realizada.
- Anexo E – Apresenta uma lista das principais Associações e Instituições de Engenharia Química.
- Anexo F – Apresenta uma parte da Primeira Ata de proposta curricular da Faculdade de Engenharia Química.

## 1.4 Objetivos da Tese

O objetivo dessa pesquisa é fazer um levantamento, baseado na opinião de especialistas (profissionais ligados à área de ensino na graduação da engenharia química), sobre como será o futuro do ensino da Engenharia Química em um médio prazo.

Como aspectos relevantes considera-se:

- Grade Horária;
- Métodos de Avaliação;
- Dinâmica Professor-Aluno;
- Mercado de Trabalho;
- Mudanças Estruturais propriamente ditas do curso.

Ainda se têm por objetivo determinar quais serão as áreas de concentração de maior importância para o futuro engenheiro químico, assim como fazer um levantamento sobre o uso de dispositivos eletrônicos, para auxiliar a dinâmica da aula e a interação professor-aluno.

Também pretende-se investigar a viabilidade da criação de um curso voltado para a engenharia eletroquímica.

Sondar se a formação para profissionais que pretendem seguir na carreira na acadêmica deveria ser diferenciada da formação dos alunos que querem atuar na indústria.

Por fim, obter-se um panorama dos rumos da Engenharia Química com a possibilidade de esgotamento das fontes de petróleo.

## 2. HISTÓRIAS DA ENGENHARIA QUÍMICA

A Engenharia Química é a área do conhecimento considerada nova, pois seu surgimento data do fim do século XIX. Diante do intenso crescimento das indústrias, sobretudo das relacionadas ao ramo petrolífero, ela conduziu à uma das profissões mais importantes e atraentes para o jovem que chega ao mercado procurando uma especialização profissional.

Neste capítulo se apresenta a história do surgimento da Engenharia Química, e o cenário mundial na época que foi criada. Também será descrito como ocorreu o desenvolvimento da profissão no Brasil. Se dará atenção especial a formação da Engenharia Química na Unicamp.

### 2.1 – Cenário Mundial

No fim do século XIX, a indústria química estava em franca expansão, principalmente na Europa. Dentre os países europeus, a Inglaterra se destacava quando o assunto era desenvolvimento industrial. Em plena era Vitoriana<sup>1</sup> a prosperidade, oriunda da expansão do império Britânico no exterior era algo visível no país. Foi nesse contexto que houve a consolidação da Revolução Industrial.

A revolução industrial promoveu uma grande mudança no estilo de vida das pessoas. Com a grande demanda industrial existia a necessidade de maiores quantidades de materiais como o ferro e o aço, conseqüentemente houve a solidificação do setor de transportes tais como os trens e os barcos a vapor, impulsionando a indústria siderúrgica e a distribuição de alimentos. Na segunda metade do século XIX (até meados da década de 70) o Reino Unido produzia dois terços do carvão mundial, metade do algodão e quase metade dos produtos metálicos. (CROUZET, 1982)

Nesse contexto de prosperidade industrial que permitiu ao britânico George E. Davis<sup>2</sup> (1850-1906), inspetor de segurança da *Alkali Act 1863*<sup>3</sup>, a livre circulação entre as indústrias britânicas, tendo acesso aos técnicos e engenheiros e aos mais diversificados tipos de processos

---

<sup>1</sup> Período do reinado da rainha Vitória, em meados do século XIX, de junho de 1837 a janeiro de 1901.

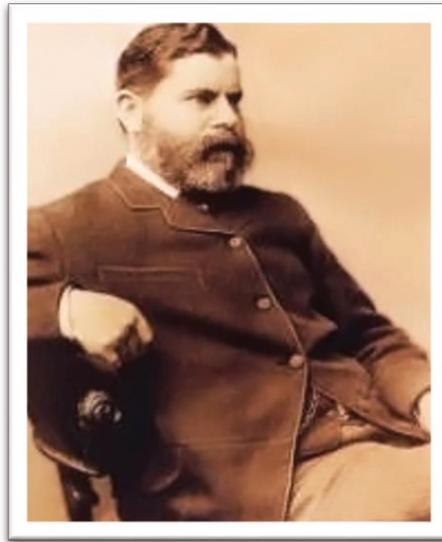
<sup>2</sup> Aos 14 anos se tornou aprendiz de encadernador saindo para estudar química. Iniciou no Slough Mechanic Institute para depois passar um ano no Royal School of Mines em Londres, hoje parte do Imperial College, que pode ser considerada sua alma mater. Posteriormente começou a trabalhar nas indústrias químicas nos arredores de Manchester.

<sup>3</sup> Corporação criada pelo governo real britânico para verificação e contenção da poluição que já chegava a níveis alarmante nas principais zonas industriais britânicas.

existentes na época. Desse modo ele foi o primeiro a identificar a necessidade de o mercado ter uma nova profissão ligada diretamente à indústria química.

Em 1880, ele escreveu para a revista *Chemical News* definindo as características do então denominado engenheiro químico: *'Um engenheiro químico é uma pessoa que possui conhecimentos de química e mecânica, e que aplica estes conhecimentos na utilização, em escala industrial, da ação química'*.

Figura 01 – George E. Davis.



(Fonte: Furter, 1980)

Até então os encarregados da supervisão de um projeto de processo industrial eram engenheiros mecânicos com conhecimentos em processos químicos industriais ou químicos com experiência industrial e conhecimentos de processos industriais.

George Davis criou um conjunto que doze aulas, que foram ministradas na *Manchester Technical School*, hoje *The University of Manchester Institute of Science and Technology* (UMIST). Nessas aulas ele introduziu o conceito da operação unitária.

Em 1881, participou da fundação da Sociedade da Indústria Química, onde propôs, sem êxito, que se chamasse Sociedade de Engenharia Química. Ele também escreveu o primeiro Manual de Engenharia Química, o *Handbook of Chemical Engineering*, Figura 02, publicado em 1901, com cerca de 1000 páginas. A primeira edição do Manual do Perry só viria aparecer trinta anos depois, em 1934.

O curso ministrado por George E. Davis em 1881 serviu de inspiração para que Lewis M. Norton (1855-1893), Figura 03, criasse, em 1888, do primeiro curso regular de Engenharia Química no Massachussets Institute of *Technology* (MIT), Estados Unidos.

Figura 02 – Livro escrito por George Davis.

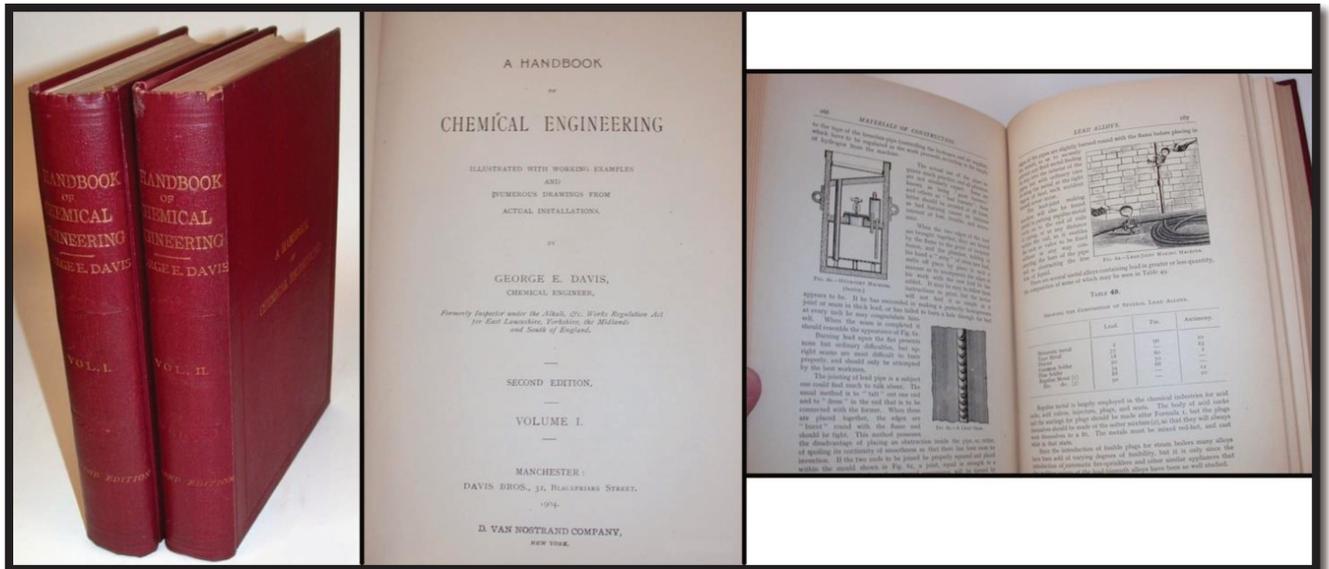


Figura 03 – Lewis Milles Norton.



(Fonte: Furter, 1980)

Depois da criação no MIT do curso de Engenharia Química, centenas de cursos surgiram ao redor do mundo (em Portugal por volta de 1911, em Londres por volta de 1920, entre outros). Sendo que a Engenharia Química teve um aumento de interesse com o significativo aumento das indústrias ligadas ao ramo de petróleo.

No final do século XX a Engenharia Química adotou uma abordagem sistemática dos processos e, sem perder a sua ligação às origens (Operações Unitárias e os conceitos básicos de Engenharia Química), desenvolveu-se a Engenharia de Sistemas (*Process Systems Engineering* – PSE). Ainda no século XX, mas mais acentuadamente no século XXI surge na Engenharia Química o conceito de Engenharia do Produto ("Engenharia de Sistemas e Processos/Projeto de Produto" e "*Product Engineering*"). (Labvirtual, 2017)

Pela primeira vez, a Engenharia Química começa a priorizar primeiro o produto e com base em suas funcionalidades se decide qual processo será utilizado.

Os produtos deixam de ser apenas produtos químicos convencionais (“commodities” produzidos em larga escala) e passam a ser, por exemplo, produtos farmacêuticos, produtos de eletrônica, materiais avançados (como materiais ópticos), produtos biológicos, novos combustíveis, etc. (Labvirtual, 2017)

Além disso o engenheiro químico continua sendo apto a trabalhar nas mais diversas áreas do conhecimento humano, tais como na área da Saúde (desenvolvendo, por exemplo, próteses e órgãos artificiais), Biotecnologia (processamento de biomateriais a partir de agentes como enzimas, bactérias, leveduras entre outros), Nanotecnologia (produção de compostos em escala atômica e novos materiais são projetados a partir de uma base atômica), Ambiental (procurando cada vez mais processos que se preocupem com a preservação ambiental), Energia (desenvolvendo novas técnicas de geração de energia que não dependam de combustíveis fósseis), Criogênica (processos que envolvem temperaturas muito baixas, como por exemplo produção de Hidrogênio), e outros.

### 2.1.1 – *Desenvolvimento no Brasil*

Em meados da década de 20, algumas universidades começaram a estruturar o curso de formação do profissional de Engenharia Química, porém as atividades de Engenharia Química começaram a se destacar no âmbito nacional a partir da década de 50 com o início das instalações de refinarias de médio e grande porte. Até então o parque químico industrial era limitado a empresas nacionais de pequeno e médio porte que existiam unicamente para suprir as necessidades de um pequeno mercado nacional. Na época a formação principal voltava-se para os químico-industriais.

E somente em 1963 que se iniciou no Brasil o programa de pós-graduação em Engenharia Química. O professor Alberto Luiz Coimbra, na cidade do Rio de Janeiro, criou a Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia (Coppe), na antiga Universidade do Brasil, atualmente conhecida como Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A Coppe (hoje Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia) permitiu que as diretrizes fossem traçadas estabelecendo assim os padrões da pós-graduação no Brasil.

No Brasil o exercício da profissão de Engenheiro Químico foi aprovado pela lei federal 5194, de 24 de dezembro de 1966, a mesma que regulamenta a profissão do arquiteto e do engenheiro agrônomo. Essa lei foi normalizada pelo decreto federal 620, de 10 de junho de 1969.

Para efeitos de estudo, como é mostrado em Cremasco\* (2015), no Brasil é possível subdividir a história da engenharia química em quatro períodos, que vão desde o nascimento do capital industrial em nosso país até os dias atuais, como se segue:

- **1880 – 1920\*:**

O início da industrialização no Brasil se deu no fim do século XIX, quando os cafeicultores começaram a investir parte dos lucros oriundos da exportação do café em fábricas de produtos como tecidos, calçados e outros insumos mais simples. Essa industrialização se deu tardiamente pois, o Brasil até 1822, era colônia de Portugal e havia uma proibição de instalação de fábricas no território, obrigando que os produtos manufaturados fossem exclusivamente importados da terra lusitana. Foi também nas últimas décadas do século XIX que a indústria química brasileira deu os primeiros

passos, porém foi só a partir de 1910 que as indústrias multinacionais começaram efetivamente a se instalarem.

Durante esse período criou-se o curso de Engenharia Industrial da Universidade de São Paulo (criado em 1983) e o curso de Engenharia do Mackenzie Collage (criado em 1986). Essas duas escolas foram fundamentais no processo de criação do curso de engenharia química no Brasil.

Em 1911, o professor Alfred Cownley Slater do Mackenzie Collage, propôs a criação de um curso de Química Industrial destinado a formação de técnicos industriais, esse curso tinha toda estrutura baseada em um curso bastante popular na Inglaterra. Em 1915, o curso de Química Industrial foi anexado a Escola de Engenharia com duração de três anos.

Com a Primeira Guerra Mundial (1914 – 1918), houve a falta de alguns produtos no mercado, isso proporcionou a substituição de alguns produtos químicos importados por similares desenvolvidos no país iniciando-se assim um sutil incentivo do governo brasileiro a indústria.

A partir da década de 1920 procurou-se intensificar a diversificação industrial. Paralelamente a isso, programas de formação de profissionais voltados para esse mercado surgiram, assim como a instalação de diversos cursos de química industrial no país, como o da Universidade de São Paulo (USP) em 1920, da Escola Politécnica da Bahia 1920 (hoje UFBA), Universidade do Brasil (hoje UFRJ) em 1922, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) 1923, e Universidade Federal do Paraná em 1924.

- **1920 – 1960\*:**

Nesse período o Brasil começou a importar maciçamente tecnologia e matérias primas para que seu desenvolvimento industrial continuasse. Em 1922, o professor Salter estruturou o curso de Engenharia Química, o primeiro do Brasil, na escola de engenharia do Mackenzie Collage, em São Paulo. Esse curso congregou química, metalurgia e mecânica aplicada a indústria de transformações (Garcez, 1970 p.106).

Três anos mais tarde, em 1925, também na cidade de São Paulo, foi criado o segundo curso de engenharia química no Brasil, agora na USP (esse curso teve como

precursores os cursos de Engenharia Industrial, criado em 1918 (extinto em 1926), o de Química, criado 1918, e o de Química Industrial criado em 1920 (encerrado em 1935).

A Engenharia Química, portanto, não foi concebida de maneira homogênea. Em ambos os casos citados, a EQ adveio de uma mistura entre os cursos de engenharia e química industrial já existentes naquele momento. No caso da USP, houve uma sobreposição, de cursos similares (EQ e Química Industrial) visando atender o mesmo mercado da época, então na década de 1920, o moderno prevaleceu, podendo considerar assim oficialmente o surgimento do primeiro curso de EQ no país.

O ano de 1929, assim como para o mundo, foi catastrófico para o país. A crise da bolsa de Nova Iorque e do Café refletiram no setor produtivo do Brasil. A situação só melhorou no ano de 1932. Entretanto ao invés de nascerem novos cursos com enfoque voltado para a concepção das operações unitárias e processos unitários reinantes na escola de Engenharia Químicas americanas, os cursos implementados aqui no Brasil eram basicamente oriundos dos cursos de Química Industrial, como foram os casos da Universidade Federal da Bahia (UFBA), UFPR e UFRJ seguindo em linhas gerais a filosofia descritiva dos processos industriais. (Thober & Germany, 1992)

Até o final da década de 40 haviam sete IES que ofereciam Engenharia Química no Brasil, apesar do país ainda continuar evidenciando o desenvolvimento industrial. No início da década de 50, o pensamento da autossuficiência energética ganhou força e nesse período houve o nascimento da Petrobrás, surgindo assim novos cursos de engenharia química, todos também vindos da Química Industrial. O que se tornava um problema, pois enquanto o Brasil vivia sob o domínio da descrição de processos sobrepostos a conceitos de Operações Unitárias (o que levava a currículos inchados e ultrapassados) os centros mais desenvolvidos focavam suas grades em ciências que eram conduzidas pela compreensão fenomenológica dos mecanismos que governavam os processos de transformação. Essa atitude, refletia no setor produtivo, pois fazia com que o Brasil além de importar máquinas, necessitasse importar cérebros.

- **1960 – 2000\***

No início dos anos 60 haviam 11 cursos de Engenharia Química no país. Com a criação do programa de mestrado da Coppe/UFRJ em 1963, inaugurou-se em nível

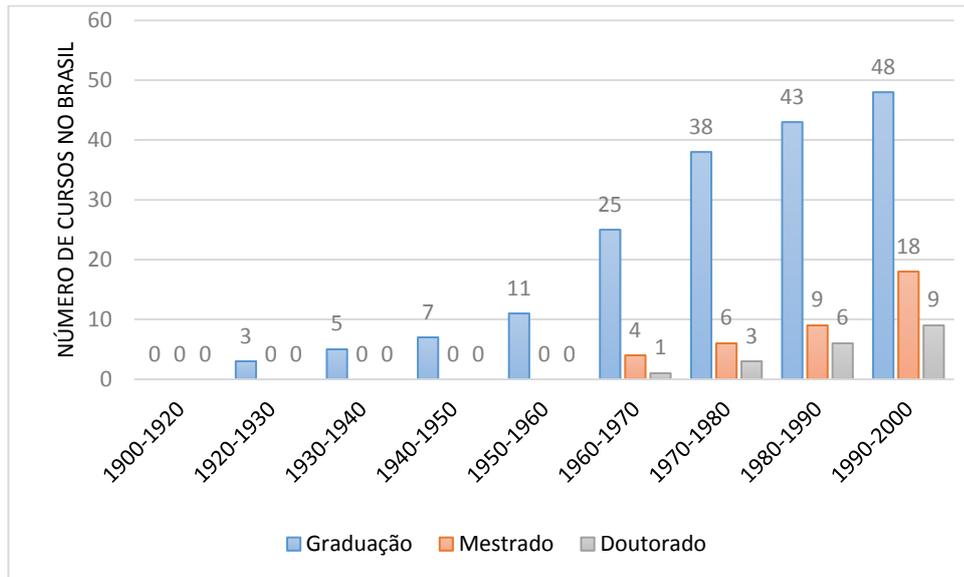
acadêmico, o período de ciências da Engenharia Química no país. Uma consequência imediata foi a formação de professores mestres que vieram e a colaborar, já no início da década de 1970, com a criação de cursos com currículos tipicamente de Engenharia Química, como foi o caso da Universidade Estadual do Maringá (UEM – 1971) e da Universidade Estadual De Campinas. (Unicamp – 1975). Em dois anos, 5 novos cursos foram criados.

No final da década de 60 houve o reconhecimento da profissão de Engenheiro Químico no Brasil regulamentada pela lei federal de 5194 de 24/12/1966 a qual foi regulamentada pelo decreto federal nº 620 de 10/06/1969. Nesse período, havia 25 cursos de graduação, quatro mestrados e um doutorado.

No final dos anos 70 esse número já havia subido para 38 cursos de graduação, seis de mestrado e 3 de doutorado, conforme mostra a Figura 04.

Um dos fatores para esse crescimento foi a instalação do Grupo Executivo da Indústria Química (Geiquim). Além disso, a década de 70 foi decisiva para a consolidação da Engenharia Química no Brasil, nesta época o país passava por um crescimento acelerado de sua indústria. Nessa década aconteceram fatores determinantes para a formação de uma identidade nacional da Engenharia Química, pode-se citar a criação em 30 de abril de 1975, a associação brasileira de engenharia química (ABEQ), a qual objetivava congregar pessoas físicas e jurídicas que se interessavam pelo desenvolvimento da Engenharia Química e pela valorização técnico científica dos engenheiros químicos. Foi nesse período também que ocorreu o primeiro encontro Brasileiro sobre o Ensino da Engenharia Química (ENBREQ) no país, este, tinha como objetivo, melhorar a qualidade e o ensino da EQ no Brasil. O encontro acabou sendo referência para criação e reformulação de grades curriculares tanto em nível de graduação como de pós-graduação.

Figura 04 – Cursos de Engenharia Química no Brasil no século XX.



(Fonte: Cremasco, 2015)

Na Figura 04 é possível notar que havia pouco estímulo a pós-graduação no Brasil. Esse incentivo só começou a se intensificar depois da década de 70. Até então, dentro do país havia pouco encorajamento para ações de internalização dos conhecimentos embutidos, e menos ainda investimentos para Pesquisas e Desenvolvidmentos (P&D).

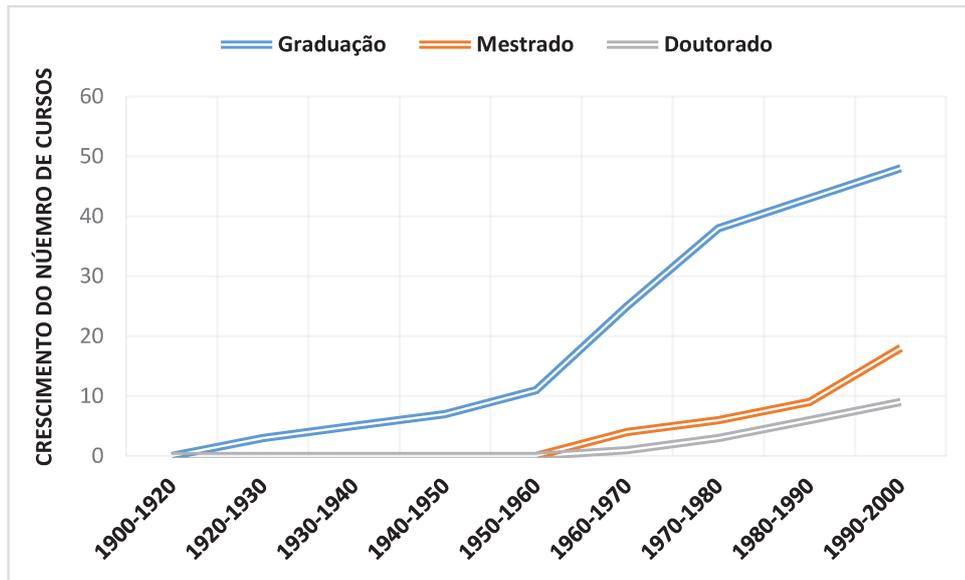
Já a Figura 05 mostra a curva de crescimento do surgimento dos novos cursos de Engenharia Química no Brasil ao longo do século XX. Nota-se que a consolidação da profissão no país veio nas últimas três décadas. Nesse gráfico é possível notar três fases de desenvolvimento da EQ:

1) a fase embrionária (1900 – 1950): onde o crescimento foi lento pois o desenvolvimento tecnológico era baixo. Os cursos eram oriundos da indústria química.

2) a fase do crescimento (1950 – 1980): caracterizada pela rápida geração e absorção de novos conhecimentos. E a criação de cursos genuínos de EQ.

3) a fase do amadurecimento (1980 – 2000): onde embora ainda houvesse uma crescente taxa de criação de novos cursos de engenharia química, houve uma desaceleração no processo. Nesse período, o que se encontrava em franca ascensão eram os cursos de pós-graduação.

Figura 05 – Evolução do Crescimento de Cursos de EQ no Brasil no século XX.



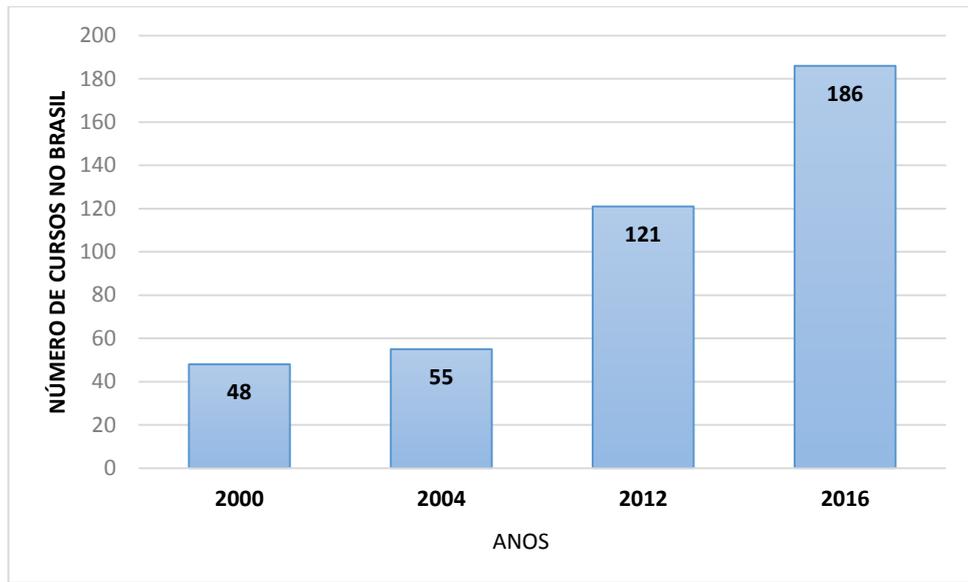
(Fonte: adaptado de Cremasco, 2015)

- **2000 – Dias atuais\*:**

O século XXI mudou completamente o cenário dos cursos de graduação de Engenharia Química do país. Ao final da primeira década do novo século o número de cursos mais que duplicou. Ao fim de 2016, já eram mais de 140 cursos, quase o triplo do número de cursos existentes nos anos 2000. Algumas leis, como a Lei de Diretrizes e Bases – LDB (que estabeleciam que o currículo mínimo de engenharia química fosse extinto) favoreceram esse cenário.

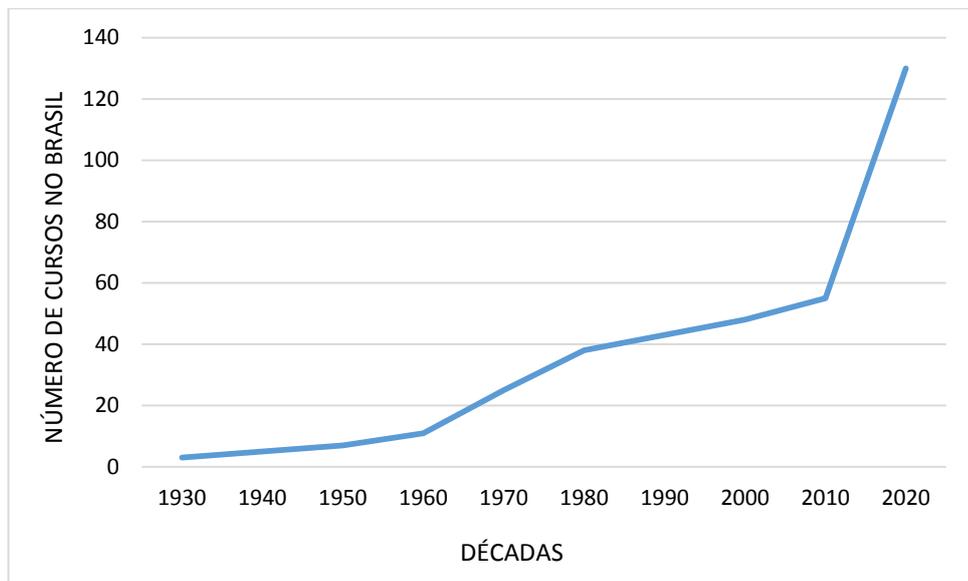
A Figura 06 mostra a curva de crescimento dos cursos de Engenharia Química no país durante os primeiros anos desse século XXI. Enquanto que na Figura 8, temos uma curva de crescimento que retrata o crescimento dos cursos desde seu estabelecimento no Brasil. É possível notar pela curva presente no gráfico, que o grande crescimento da área, aqui, se deu em meados dos anos 70, sobretudo em virtude da Petrobrás e da instalação do polo-petroquímico de Paulínia.

Figura 06 – Evolução do Crescimento de Cursos de EQ no Brasil no século XXI.



(Fonte: Nitz *et al*, 2018)

Figura 07 – Evolução do Crescimento de Cursos de EQ no Brasil até os dias atuais.



(Fonte: Nitz *et al*, 2018)

De acordo com a Figura 07 a curva de crescimento dos cursos de Engenharia Química continua em ascensão. Hoje, em 2018, no Brasil já existem mais de 140 cursos (Anexo A) de formação registrados e aprovados pelo Ministério da Educação (MEC).

### 2.1.1.1 – História da Engenharia Química na Unicamp

O curso de Engenharia Química da Unicamp foi criado pelo decreto nº 52.255 de 30 de julho de 1969, porém sua implantação só aconteceu alguns anos mais tarde, em 1975, quando houve a implantação do polo químico e petroquímico de Paulínia (18 km de Barão Geraldo - Campinas).

A implantação da refinaria de Paulínia (nome atual) deu origem, ao maior polo petroquímico da América Latina. Diversas companhias se estabeleceram na região e acabaram demandando uma grande quantidade de mão de obra especializada, necessitando recrutar profissionais que estavam em outros estados. Essa situação começou a mudar quando no ano de 1975 foi fundado, em Campinas o curso de Engenharia Química. Inicialmente, a criação do curso de Engenharia Química não era vista com bons olhos pela Faculdade de Engenharia de Campinas (FEC), que já possuía os cursos de graduação em Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica. A ideia de uma terceira graduação em Engenharia era rechaçada pois os espaços para o desenvolvimento do curso eram limitados e os recursos financeiros eram escassos.

O curso começou a ganhar corpo em agosto de 1974, onde numa reunião presidida por Zeferino Vaz (então reitor da universidade) e diversos conselheiros, a criação do curso foi discutida e aprovada por unanimidade.

Conselheiros justificaram, nessa reunião, que a disponibilidade de recursos humanos e materiais, além da possibilidade de entrosamento entre as diversas unidades de ensino da instituição credenciavam a Unicamp a responder à crescente demanda no país de formação de engenheiros químicos. (Nascimento, 2014)

Para a formação do corpo da graduação foram convocados alguns professores, como o Antonio de Carvalho de Sales Luís que era engenheiro químico graduado pela Universidade Técnica de Lisboa (Portugal) e possuía um grande interesse pela docência, Wagner dos Santos Oliveira licenciado em engenharia química pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (Portugal) e Mario de Jesus Mendes, graduado pelo Instituto de Química Tecnológica da Universidade Técnica de Berlim (Alemanha) e tinha grande experiência na área alimentícia por ser funcionário da Nestlé. A informalidade e as divergências de interesse sobre a política do curso, causaram diversos atritos entre os membros da comissão de formação do curso de engenharia química da Unicamp. O departamento foi criado às pressas, sem verbas e, havia

necessidade de muita colaboração por todos os lados e a primeira turma já estava tendo aulas e precisava de um plano curricular para dar continuidade ao curso.

No seu início, o curso oferecido pela Unicamp, ao contrário da maioria das universidades brasileiras, propunha uma formação generalista que era capaz de fornecer ao futuro engenheiro químico a capacidade de atuar nas mais diversas áreas, desde projeto, processos e produção em qualquer ramo da indústria ou da pesquisa.

Alguns professores foram contratados, o primeiro contratado foi o professor Wagner dos Santos Oliveira, que a pedido do professor Luís Sales, o auxiliou na formação e elaboração de um currículo para a graduação do curso de engenharia química da Unicamp (brevemente descrito em 2.1.1.1.1), enquanto os demais docentes iam sendo admitidos pela universidade, vale a pena salientar que o professor Sales havia sido diretor da I.S.L em Lisboa, e antes de sua vinda para o Brasil estava em Paris. O processo de construção do currículo da graduação foi um trabalho intenso e quase sempre escrito até em fins de semanas. Em síntese havia uma proposta de ensino focada principalmente em Ciências Aplicadas (sobretudo em Física), em Tecnologia de Processos e em orientação para demonstração de fenômenos básicos, porém esse currículo isso se contrapunha a outro plano que dava ênfase às Ciências da Engenharia Química, como às Operações Unitárias e às experiências de laboratórios de ensino dirigidas as aplicações em Engenharia. Ao final, depois de muitos embates, e de movimentações políticas de departamento de cunho questionável acabou-se por optar por uma formação mais generalista do que uma mais densa, pois julgou-se esse tipo de grade “mais moderna”. A formação baseada na fundamentação teórica ao invés de uma formação profunda prevaleceu nos anos seguintes.

Entre 1979 e 1980, houve a reformulação e consolidação da estrutura do curso de graduação, assim como a implementação do mestrado e a melhoria da estrutura do departamento. Esse currículo, com poucas alterações nos anos seguintes, permaneceu em vigor até 2007 quando foi apresentada uma nova proposta curricular que visava tornar a grade horária mais atual e eficiente, com uma distribuição mais pedagógica. Essa proposta foi discutida e aprovada em 2008 e então entrou em vigor no catálogo de 2009. Dessa maneira foi possível estruturar o curso com uma grade horária avançada e inovador, grade que é enriquecida pelo fato da universidade possuir um corpo docente 100% de professores doutores, das mais diversas regiões do país e até do exterior.

### 2.1.1.1.1 – Primeira proposta curricular da EQ na Unicamp

A primeira proposta curricular da FEQ foi escrita pelos professores António de Carvalho de Sales Luís e Wagner dos Santos Oliveira, em novembro de 1975. O professor Sales foi contratado pelo reitor Zeferino Vaz para ser professor interino e chefiar a equipe que formaria o primeiro catálogo do novo curso de engenharia química que estava sendo criado na Unicamp. O convite foi feito graças a formação acadêmica de Sales e seu grande interesse pela docência. Enquanto que o professor Wagner, recém-formado, foi contratado a pedido de Sales, graças a sua competência e bom desempenho acadêmico.

O plano curricular foi elaborado em um trabalho onde era descrito minuciosamente os detalhes do curso a ser criado. Nesse documento continha tópicos como Fundamentos do Curso de Engenharia Química, Pesquisa e Desenvolvimento na Indústria e Transferência de Tecnologia e Previsão Tecnológica.

O currículo do novo curso que nascia na cidade de Campinas, visava priorizar o desenvolvimento físico-químico teórico do aluno, como descrito por Sales & Oliveira (1975) em seu trabalho: O engenheiro químico, analisando sob o prisma das operações unitárias, é um físico teórico, tornado apto e bem treinado a correlacionar o conhecimento das leis gerais com a realidade dos fatos experimentais, através de uma adequada programação das experiências, através da determinação experimental dos coeficientes e parâmetros que intervêm nos cálculos dessas operações e no dimensionamento correspondente do equipamento, através do cálculo conhecido sob a designação de aumento de escala e do confronto entre os resultados calculados e os resultados observados na passagem da escala laboratorial para a escala piloto, o que lhe permite um maior grau de confiança no *scale-up* para escala industrial.

Ainda sobre o formato do curso, tinha-se interesse que a Engenharia Química da Unicamp tivesse um caráter intrinsecamente formativo, pois assim o aluno poderia ter uma percepção válida e frutuosa de seus conceitos (e limitações), uma possibilidade eficiente de, por si só, ser capaz de analisar e prever fenômenos termo-físicos e de enfrentar situações desconhecidas.

Segundo Sales & Oliveira (1976) o engenheiro químico é um profissional que lida com sistemas definidos por um grande número de variáveis independentes, de caráter científico (coordenadas generalizadas e forças generalizadas de Lagrange), o que acaba exigindo, por um lado, uma intensa formação teórica no domínio da Física (o que lhe permite evitar desperdiçar tempo e dinheiro em experiências improdutivas, e , uma capacidade de conciliação entre a

formação teórica e a realidade imposta pelos fatos experimentais) conseqüentemente ao longo de sua formação o futuro profissional terá adquirido por treino adequado, baseado na programação das experiências e adequando esse a interpretação dos dados obtidos. Além disso, é um profissional capaz de lidar com variáveis de natureza econômica, que o auxiliam na seleção final do processo a adotar, assim como a otimização de instalações já existentes.

Baseado nesses conceitos que o primeiro plano curricular da Unicamp foi construído. Nesse plano, havia uma descrição detalhada sobre:

- 1) O engenheiro químico: suas áreas de atuação, o que era esperado de sua formação, ou seja, mentalidades de estilos que poderia existir em sua formação.
  
- 2) Bases do Plano Curricular Proposto que dividia as disciplinas a serem ministradas em quatro grupos:
  - Disciplinas Científicas;
  - Disciplinas de Tecnologia Química;
  - Disciplinas Técnico-Econômicas;
  - Outras Disciplinas.
  
- 3) O Plano Curricular, que esboçava a ideia inicial da divisão das disciplinas por semestre. Como o curso seria conduzido e em que período cada matéria deveria ser lecionada.
  
- 4) O planejamento para o corpo docente e discente.

Ainda na proposta curricular havia uma preocupação (e proposta) para a criação do curso de mestrado e doutorado, assim como um plano (de 15 anos) para a completa instalação da estrutura do departamento de Engenharia Química.

No Apêndice F apresenta-se a Primeira ata do Departamento de Engenharia Química (Oliveira, 1976). O professor Wagner Oliveira era o encarregado de elaborar as atas, que foram escritas de fevereiro a junho de 1976.

O professor Wagner, vivenciando esses momentos iniciais da criação do DEQ, elaborou as atas, presenciando, registrando e participando dos debates; considera que a Engenharia

Química da Unicamp teve o privilégio de iniciar suas atividades com debates de elevado nível científico-tecnológico.

Por um lado, o professor Sales Luís defendia em seu Curriculum um curso com a componente mais científica que tinha por base principal a implantação da Termodinâmica dos Processos Irreversíveis (Termodinâmica do não Equilíbrio) e que ocuparia o lugar dos Fenômenos de Transportes. (Primeira ata do DEQ).

O professor Saúl D'Ávila defendia um ponto de vista mais tradicional de ensino, com várias disciplinas de Fenômenos de Transporte e também outras matérias que tinha como base a Termodinâmica de Equilíbrio. O Professor Oliveira cedeu uma cópia da transcrição da primeira ata do DEQ e que se encontra no Anexo F.

Ao longo dos debates, sempre restritos ao âmbito científicos e tecnológicos, que duraram meses e foram todos registrados em atas, o professor Sales Luís escreveu um documento intitulado “*Notas sobre os Fenômenos de Transporte*” que pôs a discussão, propondo a análise pelo grupo de professores pioneiros e que tinha por finalidade demonstrar os pontos fracos do ensino das transferências de momento, calor e matéria, e demonstrar que um *Curriculum* tendo por base a Termodinâmica do não equilíbrio, conduziria a formação do engenheiros com características mais científicas e que tornaria o curso de engenharia química da Unicamp a nível mundial. (Oliveira, 1976).

Relatos do Professor Wagner dos Santos Oliveira, e na sua quase totalidade transformados em Atas, já que tinha sido eleito o Secretário, elaborando as primeiras atas do Departamento de Engenharia Química, durante o ano de 1976 mostram que as discussões sobre os pontos de vista para formação do curso eram acaloradas.

## 2.2 – Linha do Tempo

A atividade, atualmente denominada indústria química, foi exercida pelo homem desde os tempos mais remotos, podendo encontrar a sua infância nos tempos pré-históricos (idade do bronze e do ferro); há notícias de importantes desenvolvimentos no decorrer das civilizações chinesas (cerâmica, tintas, metais, pólvora), hindu (tinturaria, ferro produtos medicinais), egípcia (purificação do ouro, da prata e de vários metais, mumificação e tinturaria), grega (porcelanas, tintas) e romana (vidros, porcelanas, sabões, sal amoníaco, enxofre, arsênio, adubos, açúcar, metais). Essa atividade é prolongada dos séculos IX a XII pelos alquimistas árabes, herdeiros do conhecimento químico dos egípcios, e dos séculos XII a XVI pelos alquimistas ocidentais. (Oliveira & Sales, 1975)

Como visto, no parágrafo anterior, a história da indústria química caminha praticamente com o nascimento da civilização. Apresentar-se-á uma cronologia, de maneira bastante simplificada, os principais acontecimentos do que levaram ao aparecimento da Engenharia Química assim como seu desenvolvimento ao longo dos anos até o início do século XXI.

- 10 a 3 mil a.C. – Descoberta dos principais metais preciosos (ouro, prata, cobre, ferro, bronze), período com evidência de usos de cerâmica, tecidos de linho, petróleo, enxofre, cal, cimento, açúcar e sal;
- 2500 a.C. – Descoberta e manipulação do vidro;
- 1800 a.C. – Com o advento da agricultura, o processo fermentativo passou a ser percebido pelo homem;
- 1200 a.C. – Primeira fábrica de corantes naturais que não descoravam surge em Tiro (Fenícia);
- 105 – Descoberta do Papel, na China;
- 700 – Descoberta da Porcelana no Oriente;
- 1000 – Descoberta da Pólvora, na China;

- 1300 – Descoberta do ácido sulfúrico;
- Meados do séc. XIV – Primeiro Processo de Globalização com as navegações dos portugueses. Uso de especiarias para conservação dos alimentos;
- 1532 – Instalação do primeiro engenho de açúcar no Brasil;
- 1620 – Uso de carvão mineral na Europa;
- 1662 – Distinção entre a Química e a Alquimia;
- 1709 – Uso do coque para fazer ferro fundido;
- 1738 – Teoria Cinética dos Gases;
- 1792 – Gás de Iluminação a partir do coque começou a ser utilizada na Inglaterra;
- 1800 – Descoberta da bateria elétrica por Alessandro Volta;
- 1837 – Lei da Conservação da Energia foi descrita na Alemanha;
- 1939 – Borracha Vulcanizada é descoberta por Goodyear;
- 1880 – George Davis sugere, sem sucesso, que se forme a Sociedade dos Engenheiros Químicos na Inglaterra;
- 1887 – George E. Davis leciona 12 aulas sobre “operações químicas” (hoje operações unitárias) em Manchester Technical School;
- 1855 – 1º Plástico sintético;
- 1858 – Tetravalência do Carbono é descoberta, e a capacidade de ele formar cadeias carbônicas, permitindo assim, estabelecer as estruturas das moléculas;
- 1860 – 1865 – Formação das principais indústrias químicas do mundo (Bayer, Solvay, Hoechst, BASF);
- 1888 – Lewis M. Norton funda o Curso X, Chemical Engineering no MIT;

- 1904 – A revista *The Chemical Engineers* começa ser publicada;
- 1908 – American Institute of Chemical Engineers é fundada;
- 1916 – Société de Chimie Industrielle é fundada;
- 1918 – Chemical Engineering of the Society of Chemical Industry é formado;
- 1920 – Primeira unidade Petroquímica do mundo é instalada nos EUA;
- 1923 – É publicado o livro “Principles of Chemical Engineering” de William H. Walker, Warren K. Lewis e William H. McAdams;
- 1925 – Warren L. McCabe e Ernest W. Thiele desenvolvem métodos gráficos com experimentos para determinarem os números teóricos de pratos necessários em uma coluna de destilação;
- 1950 – Society of Women Engineers é formada;
- 1951 é Criado no Brasil o Conselho Nacional de pesquisa, que futuramente viria ser o CNPq;
- 1955 – American Academy of Environmental Engineers é fundada;
- 1963 – Criação do primeiro curso de pós-graduação (mestrado) em Engenharia Química no Brasil (No COOPPE/UFRJ);
- 1970 – Primeiro Earth day;
- 1975 – Criação da Associação Brasileira de Engenharia Química (ABEQ);
- 1981 – Primeiro encontro sobre Ensino em Engenharia Química é realizado no Brasil;
- 2001 – O “*Human Genome Project*” é anunciado.

### 3. PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

A necessidade de antever o futuro está presente desde tempos imemoriais. Há registros na antiguidade sobre esta prática. Particularmente os antigos gregos pensavam, debatiam e tentavam prever o futuro, sendo um dos mais famosos registros o Oráculo de Delfos. Todavia, não foram nem os primeiros nem os únicos povos voltados para este fim, sendo bem conhecidas as pesquisas tecnológicas e proposições filosóficas no oriente, particularmente na China e na Índia. Há também aqueles povos que não trouxeram contribuições significativas para o mundo ocidental e suas previsões, passaram ser vistas como mera curiosidade de hábito de vida, como os cálculos da civilização Maia, tão em voga no fim do ano de 2012.

Quando se fala em ciência e tecnologia, os exercícios prospectivos ou de prospecção tecnológica ou de precisão tecnológica são fundamentais para promover a criação e organização sistemas de inovação que respondam aos interesses da sociedade. A partir de intervenções planejadas em sistemas de inovações em tecnologia. Fazer prospecção significa identificar quais são as oportunidades e necessidades mais importantes para a pesquisa e desenvolvimento no futuro (SANTOS *et al.*, 2004), minimizando se os riscos de não se atingir um alvo predefinido. Atualmente, a prática é vista como um meio de se ter uma ideia aproximada do que ocorrerá em determinadas situações, podendo assim fornecer, mesmo que minimamente, uma vantagem competitiva para quem faz a prospecção.

A prospecção tecnológica é uma ferramenta que é muito utilizada para fornecer uma visão de futuro, seja ele determinista ou probabilístico, sobre um dado evento, em relação às atividades científico-tecnológicas das diversas áreas do conhecimento humano (ZACKIEWICZ *et al.*, 2001). Está diretamente relacionada com a prospecção econômica e social. A prospecção econômica é extremamente importante para a gestão tecnológica, pois é necessário que se conheçam os custos da tecnologia e do capital humano, bem como os recursos, preço e infraestrutura exigida, assim como as forças que orientam o mercado. A prospecção social é necessária, pois mesmo a tecnologia mais poderosa tem valor limitado se o ambiente social, político ou regulatório impedir que ela seja produzida com lucro (COELHO, 2003).

As prospecções são muito utilizadas para indicar os níveis de possibilidades futuras e não os valores pontuais. Posto isso, é importante lembrar que são válidas particularmente para:

- Aprimorar o setor de pesquisa e desenvolvimento;
- Avaliar novos processos ou produtos;

- Desenvolver planos e estratégias para a elaboração de uma nova tecnologia;
- Fazer a distribuição de recursos;
- Maximizar ganhos e diminuir as perdas devido a acontecimentos internos ou externos à organização;
- Orientar o planejamento da tecnologia, seja no âmbito pessoal, de infraestrutura ou financeiro;
- Verificar as oportunidades e ofertas, e quando possível identificando e indicando as ameaças de mercado.

Uma prospecção pode ser feita para diversas finalidades e ramos. São utilizadas nas áreas sociais, políticas e culturais. Geralmente, o foco dos trabalhos é a competitividade nacional e a definição de metas para a área de ciência e tecnologia (MILES & KEENAN, 2002). Pode ser aplicada tanto de maneira quantitativa como qualitativa. Existem diversos métodos para se realizar uma prospecção tecnológica. A escolha do método depende basicamente do objetivo da pesquisa, assim como da quantidade de dados disponíveis.

### **3.1 Histórico sobre a Prospecção Tecnológica**

A prospecção tecnológica foi transformada ao longo dos anos em uma importante ferramenta de fortalecimento estatal e empresarial.

Desde sua criação, as técnicas sofreram inúmeras mudanças e adequações para servir aos estudos empresariais e nacionais.

A raiz da prospecção tecnológica moderna data da metade do século XX entre os períodos pré e pós Segunda Guerra Mundial. Já no ano de 1966, a OCDE, organização para desenvolvimento econômico (que atualmente reúne 34 países com sede na França), identificou projetos de prospecção tecnológica em 13 países ocidentais e no antigo bloco Soviético. A técnica de prever o futuro através de estudos sofreu severas críticas quando não previu o choque do petróleo em 1973, o que gerou um considerável pessimismo e desconforto na comunidade em relação à validade e utilidade da prospecção, proporcionando assim uma estagnação no exercício de futurologia. Como falhas no método de futurologia em voga na década de 1960, pode ser mencionada ainda a não previsão do colapso da antiga União das Repúblicas Socialistas do leste europeu e, mais atualmente, as crises econômicas do antigo Mercado Comum Europeu e, a crise econômica que se arrasta no Japão. Porém, é digno de nota que não se devem esperar acertos extremamente exatos em uma “ciência” de natureza humana,

onde as variáveis de avaliação são muitas e de valores flutuantes. Ademais, o conhecimento absoluto não pode ser alcançado, conforme proposição da filosofia de Platão, necessitando a espécie humana trabalhar com considerações e raciocínio, o mais próximo da verdade, porém nunca totalmente sem falhas. Felizmente, a descrença com o método cedeu lugar a interesse renovado na década de 1990, quando novas metodologias e novos pesquisadores reabilitaram e renovaram a ciência, tendo os estudos prospectivos despertado novamente o interesse da comunidade.

O crescimento no interesse dos métodos de prospecção tecnológica foi motivado principalmente por:

- Mudanças no sistema de produção do conhecimento, que se tornou mais multidisciplinar e heterogêneo, necessitando de uma maior comunicação, de um trabalho em rede, de mais parcerias e de uma maior colaboração entre os pesquisadores;
- Natureza pervasiva da tecnologia para o saber econômico e prosperidade: a crescente globalização e a competição econômica tornaram a inovação uma necessidade e levaram à priorização dos investimentos em P&D, isto é, à concentração dos recursos disponíveis em opções estratégicas selecionadas;
- O processo de decisão e de trabalho em equipe, cada vez mais descentralizados. As alianças estratégicas e o estabelecimento de visões compartilhadas tornaram-se mais críticos, frente à crescente complexidade, custo e riscos dos projetos e P&D desenvolvidos atualmente;
- Pressão para corte nos gastos públicos e declínio e estagnação dos recursos de C&T em função das receitas decrescentes e custos crescentes.

Desde 1990, a prospecção foi incluída nas atividades de várias instituições internacionais como UNIDO, União Europeia, OCDE e ESTO.

As últimas duas décadas foram marcadas por uma grande intensidade de mudanças, sobretudo na área de tecnologia, no aumento das incertezas e no processo de globalização, que tornaram as economias extremamente interdependentes (GAVIGAN & SCAPOLO, 1999). No decorrer desses anos, os estudos futuros de prospecção foram atraindo cada vez mais especialistas e interessados no assunto. Atualmente, apesar ser uma técnica bastante difundida,

ainda é necessário que alguns pontos sejam melhor elaborados, como por exemplo, a estruturação das metodologias, sua evolução, conexões entre os estudos nacionais de prospecção e os processos políticos e sociais mais amplos, bem como a ligação entre prospecção e outras ferramentas de inteligência de estratégias.

### *3.1.1 Termos usados na prospecção tecnológica*

Muitos termos são utilizados para se referenciar a um estudo sobre o futuro. No Brasil, apesar de haver uma reduzida literatura disponível sobre o assunto, utilizam-se três termos diferentes, oriundos do inglês, para se referenciar as atividades de previsão no futuro. É importante lembrar que, embora semelhantes, elas apresentam leves diferenças. Os termos e sua breve definição são:

- **Estudo Futuro:** É o termo que abrange todo e qualquer tipo de estudo relacionado à tentativa de se prever o futuro (COELHO e COELHO, 2003). Não se deve confundir prever o futuro com antever o futuro (este é baseado em sentimentos de alucinais ou bruxaria).
- **Previsão:** São estudos conduzidos para se obter mais informações sobre eventos futuros, de tal forma que as decisões de hoje sejam mais solidamente baseadas no conhecimento tácito e explícito disponível. É o termo usado para se referir a tipos bastante diferentes de análise, que vão desde as de curto prazo, focadas em análises de setores específicos, até as de longo prazo, de avaliação mais ampla das mudanças sociais, políticas, econômicas e tecnológicas (COELHO, 2003). Tem como objetivo identificar as áreas de pesquisa estratégicas e as tecnologias genéricas emergentes, que têm propensão a gerar maiores benefícios econômicos e sociais (CUHLS & GRUPP, 2001).
- **Prospecção Tecnológica:** é o termo aplicado aos estudos que têm por objetivo antecipar e entender as potencialidades, evolução, características e efeitos das mudanças tecnológicas e não só, mas particularmente a tentativa de invenção, inovação, adoção e usos (COATES *et al.*, 2001).

Portanto, a prospecção tecnológica é um processo, não se limitando apenas a um conjunto de técnicas. É voltada para melhorar a compreensão dos possíveis desenvolvimentos futuros e das forças que cercam e moldam o alvo do estudo. Parte do pressuposto de que o futuro não pode ser cientificamente demonstrado apenas por premissas, sendo necessária a investigação das chances de desenvolvimento e das opções para a ação no presente.

### *3.1.2 Família de Métodos e Técnicas*

Para uma prospecção tecnológica, é necessário inicialmente verificar quais os objetivos da informação que se quer levantar.

Existe uma grande variedade de técnicas e métodos para se investigar o futuro, que podem ser classificadas em grandes grupos, que dependem da abordagem utilizada para chegar-se à conclusão final. É importante ressaltar que todos os modelos têm ambiguidades e nenhum será plenamente satisfatório. (GODET & ROUBELAT, 2000).

A época ou a data futura da previsão, a tecnologia que está sendo prospectada, as características da tecnologia ou das potencialidades funcionais e, as indicações sobre a probabilidade são elementos importantes que uma previsão deve conter. Esses fatores são importantes, pois a incerteza, a falta de confiabilidade dos dados, a complexidade de interações com o mundo real, a tentação de pensar apenas de forma otimista ou pessimista e particularmente as ideologias podem trazer riscos de antevisão (MARTINO, 1983).

Os métodos também podem ser classificados em quantitativos, geralmente emergindo de técnicas estatísticas (extrapolação de tendências), ou qualitativos, na maioria das vezes envolvendo a opinião de especialistas (Delphi, painel de especialistas).

Uma simples revisão da literatura identifica diferentes denominações para grupos e estruturas conceituais. Isso tem gerado uma considerável confusão na terminologia, o que dificulta a elaboração de definições simples e diretas, não estabelecendo diferenças entre níveis de abrangência. Por isso, é comum encontrar algumas técnicas e métodos desenvolvidos para usos específicos sendo utilizados para responder a questões de natureza ampla e complexa, o que, em alguns casos, conduz a resultados contestáveis e confirma assim a dificuldade inerente ao tratamento das incertezas do futuro (SANTOS *et al.*, 2004).

Pode-se considerar que quanto mais complementares forem as formas das prospecções realizadas, mais confiáveis são seus resultados.

Antes de decidir por qual estratégia de prospecção utilizar, os métodos devem ser analisados para que se tenha certeza de que o melhor método foi escolhido.

Os sistemas de prospecção podem variar de científicos a dialéticos e globais, variando conforme a geração de conhecimento que cada pesquisa necessita, conforme mostra o Quadro 04.

Quadro 04 – Enfoques filosóficos da geração do conhecimento.

Tipo de Enfoque	Descrição	Mais adequados para problemas
<u>A priori</u>	Modelos formais através dos quais se tem percepções/intuições sobre o mundo, com pouca ou nenhuma necessidade de dados brutos.	Bem definidos conceitualmente.
<u>Empírico</u>	Começam com a coleta de dados, constroem-se modelos empíricos para explicar o que está ocorrendo.	Bem definidos e com dados disponíveis.
<u>Sintético</u>	Combina os enfoques "a priori" e "empírico" de tal forma que as teorias são baseadas em dados e a coleta de dados é estruturada pela pré-existência de uma teoria ou modelo.	Mais complexos e mal estruturados.
<u>Dialético</u>	Interpretações contraditórias de um conjunto de dados são confrontadas em um debate ativo, buscando soluções criativas.	Mal estruturados e quando há conflitos.
<u>Global</u>	Uma ampliação holística da pesquisa é feita questionando enfoques e suposições.	Não estruturados e que necessitam de um raciocínio reflexivo.

(Fonte: CTPETRO, 2003)

A classificação em famílias já foi abordada por diversos autores, entre eles Potter *et al.* (2004) e Coelho (2003).

As técnicas de prospecção tecnológica são divididas em famílias e cada uma delas reúne um grupo de características semelhantes (POTTER *et al.*, 2004):

- **Criatividade:** deve estar presente nos estudos futuros, pois busca eliminar as visões pré-concebidas de problemas ou situações, encorajando um novo padrão de percepção, existem cinco elementos chaves que descrevem a criatividade: a capacidade de gerar ideias de grandes volumes, habilidade de transformar conceitos familiares em novas formas, habilidade de ter ideias fora do comum, habilidade de imaginar e perceber conexões não óbvias e motivação para realiza;

- Métodos Descritivos e Matrizes: utilizado para ampliar a criatividade com o objetivo de identificar futuros alternativos. É uma técnica que requer especialistas e dados pré-existentes e uma estrutura de compreensão;
- Métodos Estatísticos: identificam e medem o efeito de variáveis independentes sobre o comportamento futuro de uma variável dependente. Primeiramente testa-se os modelos simples de ajuste para a variável dependente, para que os parâmetros do modelo tenham um erro residual mínimo;
- Opinião de Especialistas: O método de opinião de especialistas é definido por Millet, & Skumanich & Silbernagel (1997), como uma visão do futuro "baseada na informação e lógica de indivíduos com extraordinária familiaridade com o tema em questão". É um método intuitivo que retornam bons índices de acerto sobre a previsão do futuro. Delphi, painéis de especialistas, entrevistas, encontros, estão entre as opções desse método;
- Monitoramento & Sistema de Inteligências: constituem fontes básicas de informação relevante e por isso são quase sempre utilizados. Monitorar significa observar, checar e atualizar-se em relação aos desenvolvimentos numa área de interesse bem definida para uma finalidade bem específica. (Coates, Porter *et al*, 1991). Dentre os objetivos possíveis é possível: identificar eventos científicos, técnicos ou socioeconômicos, definir ameaças potenciais, identificar oportunidade para organizar mudanças no ambiente e alterar a direção de tendências que estão convergindo ou divergindo. Apesar de não ser considerada uma técnica propriamente dita de prospecção é fundamental para a elaboração e construção de qualquer prospecção;
- Modelagem & Simulação: é a tentativa de identificar certas variáveis e criar modelos computacionais que visualizem a interação de variáveis ao longo do tempo. É um método que possibilita simular cenários e ver as consequências que certas escolhas implicariam;
- Cenários: segundo Schwartz & Oliveira (2001), são definidos como "instrumento para ordenar percepções sobre ambientes futuros alternativos, sobre as quais as decisões atuais se basearão. Busca construir uma representação do futuro, destacando as tendências dominantes;

- Análise de Tendências: Segundo Millet & Skumanich & Silbernagel (1997) é a técnica mais simples de prospecção. Nesse método supõe-se que os padrões do passado serão mantidos no futuro. Utiliza-se de matemáticas e estatísticas para extrapolar séries temporais para o futuro. Coleta-se informação sobre uma variável ao longo do tempo e, em seguida, essa informação é extrapolada para um ponto no futuro desejado;
- Sistemas de Avaliação & Decisões: é feito um tratamento de múltiplos pontos de vista e sua aplicação permite priorizar ou reduzir os vários fatores que devem ser levados em consideração.

O Quadro 05 mostra um resumo das principais técnicas e métodos pertencentes às famílias. Muitos métodos e técnicas, atualmente em uso, originam-se de outros campos do conhecimento como as modelagens e simulações.

Como vários termos não têm tradução para o português, optou-se por manter, no Quadro 04, a nomenclatura do idioma inglês.

Quadro 05 – Classificação dos Métodos e Técnicas de Análises de Tecnologia do Futuro.

Famílias	Métodos e Técnicas Incluídos
<u>Criatividade</u>	<i>Brainstorming (Brainwriting; NGP - Nominal Group Process)</i>
	<i>Creativity Workshops (Future Workshops)</i>
	<i>Science Fiction Analysis</i>
	<i>Teoria da Resolução Invertida de Problemas (TRIZ)</i>
	<i>Vision Generation</i>
<u>Métodos Descritivos e Matrizes</u>	<i>Backcasting</i>
	<i>Institutional Analysis</i>
	<i>Morphological Analysis</i>
	<i>Relevance Trees (Future Wheels)</i>
	<i>Roadmappings</i>
	<i>Social Impact Assessment</i>
	<i>Stakeholder Analysis</i> <i>Sustainability Analysis (Life Cycle Analysis)</i>
<u>Métodos Estatísticos</u>	<i>Correlations Analysis</i>
	<i>Cross-Impact Analysis</i>
	<i>Demographics</i>
	<i>Risk Analysis</i>
<u>Opinião de Especialistas</u>	<i>Delphi (Pesquisa Interativa)</i>
	<i>Interviews</i>
	<i>Participatory Techniques</i>
<u>Monitoramento e Sistemas de Inteligência</u>	<i>Bibliometrics</i>
	<i>Monitoring</i>
	<i>Competitive</i>
<u>Modelagem e simulação</u>	<i>Agent Modeling</i>
	<i>Casual Models</i>
	<i>CAS (Complex Adaptative System Modeling - Chaos)</i>
	<i>Diffussion Modeling</i>
	<i>Economic Base Modeling</i>
	<i>Scenario-Simulation</i>
	<i>Technology Assessment</i>
<u>Cenários</u>	<i>Field Anomaly Relaxation Methods</i>
	<i>Scenarios</i>
	<i>Scenarios-Simulation</i>
<u>Análise de Tendências</u>	<i>Long Wave Analysis</i>
	<i>Precursor Analysis</i>
	<i>Trend Extrapolation</i>
<u>Avaliação/ Decisão</u>	<i>Multicriteria Decision Analysis</i>
	<i>Analytical Hierarchy Process</i>
	<i>Cost-Benefits Analysis</i>
	<i>Decisions Analysis</i>
	<i>Benchmarking</i>

(Fonte: adaptado de Santos *et al.*, 2004)

Algumas das técnicas de prospecção tecnológica apresentadas no Quadro 04 serão descritas sucintamente a seguir.

#### 3.1.2.1 Árvore de Relevância

A árvore de relevância é normativa e se baseia em análise de sistemas.

Traçam-se as necessidades futuras do assunto em questão, para então elaborar quais são os requisitos que as tecnologias precisam atender para que essas necessidades sejam satisfeitas.

É um método recomendado para a análise de situações que identificam diferentes níveis de hierarquia ou complexidade.

A árvore de relevância está longe de ser de uso fácil. Requer uma profunda análise, por pessoas familiarizadas com a técnica e com conhecimento sobre o problema real. E o uso dos resultados de tal método por outros grupos pode ser bastante complicado, pois este traz uma massa de detalhes técnicos.

Geralmente é usado para identificar problemas e deduzir necessidades de desempenho de tecnologia.

#### 3.1.2.2 Brainstorming

É um método baseado na criatividade. Nessa técnica, existe um trabalho coletivo, onde um problema é levantado e os participantes do grupo oferecem soluções claras, através de ideias. A vantagem consiste no fato de que o processo gera um grande número de alternativas para a solução do problema levantado. Durante o *brainstorming*, as críticas são proibidas, para não inibir o processo criativo. Somente depois do término da rodada de elaboração das ideias é que haverá a ponderação da adequação das sugestões propostas.

É uma técnica amplamente utilizada por empresas, embora seu conceito seja bastante antigo.

#### 3.1.2.3 Cenários

É um método descritivo de um futuro e do conjunto de eventos que permitirão a transição entre a situação original e a futura.

O futuro é múltiplo e diversos futuros potenciais são possíveis: os caminhos que levam a um futuro ou a outro não são necessariamente os mesmos. Podem ser classificados em:

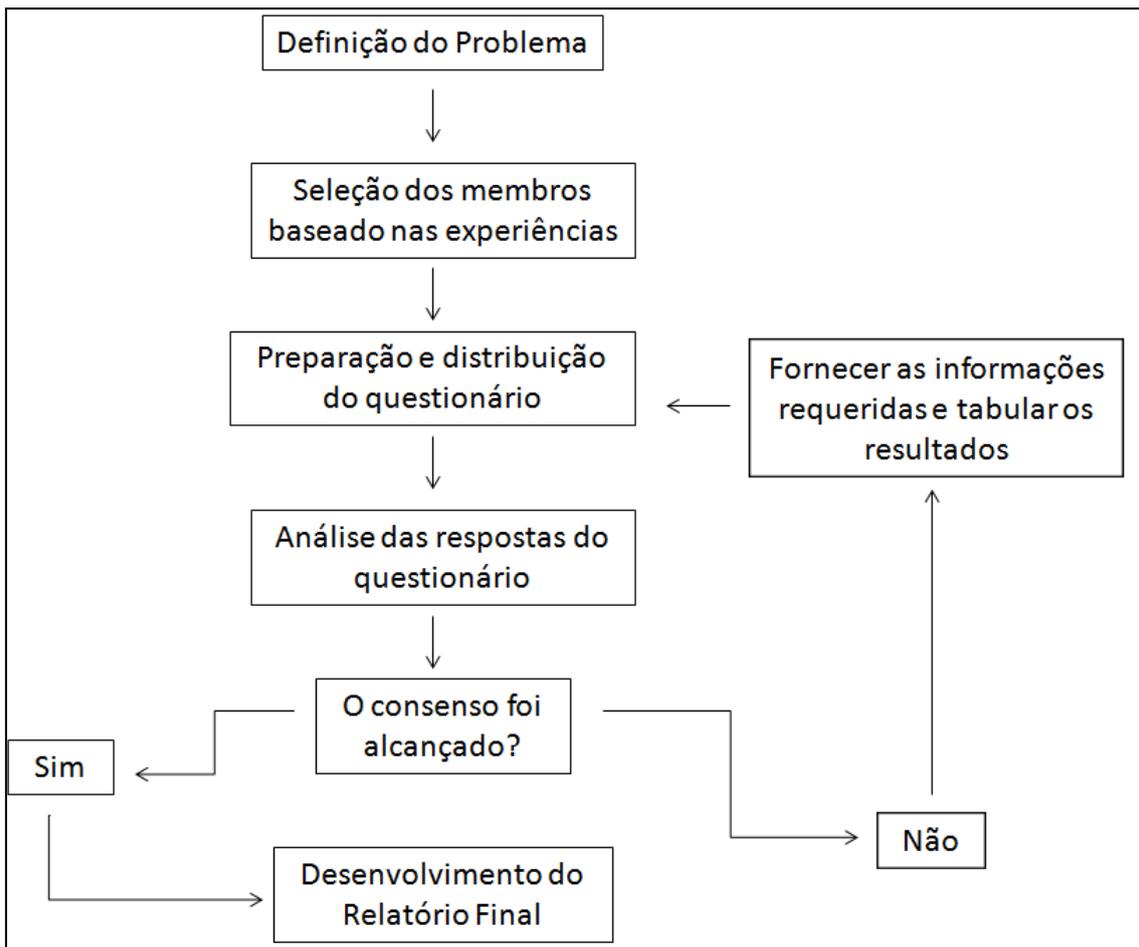
possíveis (tudo o que se pode imaginar), realizáveis (tudo o que se pode conseguir) e desejáveis (tudo o que se pode imaginar, mas não realizáveis). Podem também ser classificados como probabilísticos (GODET e ROUBELAT, 1996).

O método tem como objetivo um procedimento sistemático para detectar as tendências prováveis de uma dada evolução, numa sequência de intervalos temporais, procurando identificar os limites da tensão social nos quais as forças sociais poderiam alterar essas tendências (RATTNER, 1979).

#### 3.1.2.4 Delphi

A metodologia Delphi será detalhada no Capítulo 04. Porém neste item será dado apenas um fluxograma, mostrado na Figura 08, que expressa o resumo da metodologia clássica.

Figura 08 – Fluxograma das etapas da metodologia Delphi.



### 3.1.2.5 Matriz de Impactos Cruzados

A matriz de impactos cruzados é um método que reúne uma família de técnicas para avaliar a influência que um determinado evento teria sobre a probabilidade de ocorrência de outros eventos. O método leva em conta a interdependência de várias questões formuladas, possibilitando que o estudo que se está realizando adquira um enfoque mais global, mais sistêmico e, portanto, mais de acordo com uma visão de perspectiva (MARCIAL e GRUMABACH, 2002).

O método foi desenvolvido porque muitas técnicas de prospecção tecnológica, quando feitas isoladamente, falham na avaliação de impactos mútuos que determinados eventos podem ter. É uma técnica aplicada para se analisar um futuro perante outros futuros possíveis. É considerada quantitativa e depende de opinião de especialistas para predizer se um dado evento tem chance ou não de ocorrer.

### 3.1.2.6 Sistemas Dinâmicos

O sistema dinâmico é uma técnica quantitativa usada para prever e modificar o comportamento de importantes sistemas humanos. Baseia-se na casualidade física e humana que é centrada em sistemas complexos, não lineares, agregados e que envolvem uma coleta de transferência de informações.

As operações desse sistema possuem séries históricas compostas de combinações complexas de tendências, oscilações e variações randômicas.

### 3.1.2.7 Regressão

A análise de tendências tecnológicas é baseada na hipótese de que os avanços da tecnologia tendem a seguir um processo exponencial de melhoria. A técnica usa dados referentes às melhorias para estabelecer a taxa de progresso e extrapola a taxa para projetar o nível de progresso no futuro. Os resultados obtidos por essa técnica são basicamente quantitativos. Na prática, é utilizada para projetar desenvolvimentos, proporcionando velocidades de operação, nível de desempenho, redução de custos, melhoria da qualidade e

eficiência operacional. Os modelos básicos de extrapolação são aplicados normalmente para projeções de curto prazo.

### **3.2 Vantagens e Desvantagens das Técnicas**

A prospecção tecnológica de algum bem sempre é complicada, pois envolve uma série de fatores que muitas vezes não se pode avaliar. Por isso, é necessário pontuar exatamente qual questão se quer levantar para que assim seja possível escolher o método adequadamente.

É importante ressaltar que nenhum método de prospecção tecnológica é completamente satisfatório, uma vez que eles não podem atender a todas as questões envolvidas no processo.

Muitos autores apontam a importância de se realizar mais de um método quando se quer prever certo evento no futuro. É aconselhável que haja uma combinação de métodos quantitativos com os qualitativos, pois isso assegura à prospecção uma diversidade de informações complementares ao que está se prevendo.

Como já exposto, todas as técnicas apresentam vantagens e desvantagens. Métodos quantitativos necessitam, por exemplo, de séries históricas confiáveis ou de uma padronização de dados. Já os métodos qualitativos apresentam problemas relacionados ao limite de conhecimento dos especialistas de suas preferências pessoais e parcialidades, então é sempre necessário ter cautela na escolha dos especialistas.

Dessa forma, a qualidade dos resultados dos estudos está fortemente ligada à escolha correta do método ou ferramenta de prospecção (COELHO e COELHO, 2003).

No Quadro 06, é apresentado um breve resumo das principais vantagens e desvantagens dos principais métodos e técnicas existentes.

Quadro 06– Vantagens e Desvantagens de alguns métodos e técnicas de prospecção tecnológica.

Método	Vantagens	Desvantagens
<u>Monitoramento &amp; Sistemas de inteligência</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fornecem uma grande quantidade de informações;</li> <li>- Usados na contextualização inicial do tema ou como forma de manter os temas críticos atualizados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Podem resultar no excesso de informações;</li> <li>- Estão mais relacionados ao passado e ao presente, portanto só análise dá uma perspectiva futura.</li> </ul>
<u>Tendências</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Previsões substanciais, baseadas em parâmetro;</li> <li>- Preciso em um curto prazo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requer dados históricos sólidos e coletados por um longo período;</li> <li>- Só funciona para parâmetros quantitativos;</li> <li>- É vulnerável a mudanças bruscas;</li> <li>- Não recomendado para prospecções em longo prazo.</li> </ul>
<u>Opinião de Especialistas</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifica modelos e percepções internalizados pelos especialistas;</li> <li>- Permite que a intuição encontre espaço na prospecção;</li> <li>- Incorpora à prospecção quem realmente entende da área.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- É difícil identificar o especialista;</li> <li>- Muitas vezes as projeções são erradas ou preconceituosas;</li> <li>- Pode ser ambíguo e divergente para os especialistas</li> </ul>
<u>Cenários</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresenta dados consistentes sobre o futuro em questão;</li> <li>- Junta informações quantitativas e qualitativas por meio de outras técnicas de prospecção;</li> <li>- Incorpora dados que possibilitam definir a ação a ser tomada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Algumas vezes são mais fantasias do que prospecção, principalmente quando se identifica o futuro desejado sem considerar as restrições e barreiras a serem ultrapassadas.</li> </ul>
<u>Métodos descritivos e Matrizes; Métodos Estatísticos; Modelagem e Simulação</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exibem o comportamento de sistemas complexos;</li> <li>- Oferecem possibilidade de julgamento humano;</li> <li>- Possibilitam o tratamento analítico de vários dados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Podem camuflar falsos pressupostos, gerando resultados de qualidade duvidosa;</li> <li>- Requerem adaptações antes de ser validados;</li> <li>- Contêm pressupostos que devem ser verificados antes de aplicados.</li> </ul>
<u>Criatividade</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumenta a possibilidade de se avaliar futuros possíveis;</li> <li>- Diminui visões pré-concebidas;</li> <li>- Encoraja um novo padrão de percepção;</li> <li>- Ideal para o início de processos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O coordenador ou líder do grupo deve ser capaz de conduzir o grupo para evitar a perda do foco do tema debatido;</li> <li>- Se mal conduzido, pode gerar descrédito à futurologia.</li> </ul>
<u>Avaliação/Decisão</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajudam a reduzir a incerteza no processo decisório;</li> <li>- Auxiliam no estabelecimento de prioridades quando há grande quantidade de variáveis a serem analisadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- É necessário ter a consciência de que os métodos reduzem, mas não eliminam a incerteza no processo de decisão.</li> </ul>

(Fonte: adaptado de Coelho e Coelho, 2003)

## 4 MÉTODO DELPHI

Conhece a ti mesmo era o dístico do oráculo de Delfos na antiga Grécia. O que isso significava? Não podemos afirmar com certeza, porém podemos supor que aconselhava a quem queria saber sobre o seu futuro, que primeiramente deveria analisar a si mesmo para verificar sobre suas falhas e potenciais, e então seria descortinado o futuro. Todavia, nunca saberemos com certeza. O método Delphi recebe este nome em referência ao oráculo e foi elaborado nos Estados Unidos, na década de 1950, por O. Helmer e N. Rescher, ambos pesquisadores da *Rand Corporation*, com o suporte financeiro da Força Aérea Americana, com o intuito de elaborar um consenso de especialistas sobre o efeito que um ataque nuclear poderia gerar (GORDON, 1964). Representa uma técnica que utiliza informações de um julgamento intuitivo das pessoas com a finalidade de delinear e realizar previsões (OLIVEIRA, 2001).

É reconhecido como um dos melhores meios de previsão qualitativa. Pode ser aplicado em diversos setores, mas a aplicação mais comum atualmente é a previsão tecnológica. Sua utilização é recomendada quando não existem dados históricos a respeito do problema que se investiga ou, em outros termos, quando faltam dados quantitativos referentes ao mesmo (ROWE e WRIGHT, 1999).

No Brasil, o uso de métodos de prospecção tecnológica ainda é bastante recente. Porém algumas instituições já se utilizaram desse tipo de recurso para suas estratégias de mercado. É o caso da Marinha, Petrobrás, Embrapa e Banco do Brasil.

Na área acadêmica, já existem grupos de pesquisa na Faculdade de Economia e Administração (USP), na Escola Politécnica de São Paulo (USP), na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), na Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) e na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) (CARDOSO *et al.*, 2005).

### 4.1 A Técnica

A previsão do futuro é usada mesmo para a atividade mais banal do cotidiano. Quando algum evento ocorre, tentamos sempre explicá-lo por meio de uma correlação de causa e efeito. (SANT'ANA, 2005). Ademais, uma previsão para um pequeno espaço de tempo é usada cotidianamente como, por exemplo, para prever o tempo no fim da tarde ou prever quem irá ou não comparecer a uma reunião de serviço. Na verdade, o que existe é uma tendência em confiar em nossa habilidade de manipular os eventos.

Essa técnica já foi utilizada nos mais diversos campos: na prospecção de petróleo em águas profundas e no programa nacional de álcool, assim como em telecomunicações, cadeias produtivas do agronegócio e em áreas científico-tecnológicas. Ela também foi aplicada no comércio, educação, tratamentos médicos, engenharia, meio ambiente, ciências sociais e transporte (GUPTA e CLARKE, 1996).

Basicamente, o objetivo desta técnica tem como fundamento maximizar os benefícios do conhecimento do grupo de especialistas, fazendo uma troca de opinião entre os correspondentes, que entrarão em um acordo sobre certo ponto de vista.

O fato de a pesquisa manter o anonimato dos participantes faz com que alguns tipos de inconvenientes sejam evitados, como impressões pessoais, visões religiosas ou político-sociais distintas.

O princípio do método é baseado no meio intuitivo e interativo. É necessário formar-se um grupo de especialistas na área do conhecimento da qual se quer fazer a prospecção. Os mesmos respondem a uma série de questões, previamente elaboradas pelo pesquisador. Os resultados obtidos com as respostas dos questionários são analisados e, através de métodos estatísticos, calcula-se a mediana e a amplitude interquartilica. É feita então uma síntese dos resultados e comunicada aos membros do grupo de especialistas que, após tomarem conhecimento, respondem novamente ao questionário. São realizadas tantas interações quanto forem necessárias até que um consenso ou quase consenso seja obtido entre os entrevistados.

De modo geral, o método "Delphi" se distingue por três características básicas:

- 1) Anonimato;
- 2) Interação com "*feedback*" controlado;
- 3) Respostas estatísticas do grupo.

Anonimato: é necessário que a pesquisa seja feita de modo anônimo, pois desse modo evita-se ao máximo que um participante seja influenciado pela opinião de outro participante. Além disso, não é recomendado que haja comunicação entre participantes do grupo durante a pesquisa.

Interação com "*feedback*" controlado: é a condução do experimento numa série de etapas. Ao término de cada etapa, os participantes da pesquisa serão informados sobre o resultado do experimento. Essa interação faz com que ocorra uma redução do "ruído", ou seja,

o pesquisador fornece ao grupo somente aquilo que se refere aos objetivos e metas de seu estudo, evitando que o painel se desvie dos pontos centrais do problema.

Respostas – tratamento estatístico: a utilização de uma definição estatística da resposta do grupo é uma maneira de reduzir a pressão na direção da conformidade, evitando, ao fim do exercício, uma dispersão significativa das respostas individuais. O produto final deverá ser uma previsão que contenha o ponto de vista da maioria. No entanto, pode haver um resultado também minoritário, se a minoria tiver convicção acerca do assunto. O número de etapas a ser realizado no estudo irá depender do custo do painel, do tempo disponível pelo pesquisador e também da disponibilidade de tempo dos participantes. Não existe a exigência de um número mínimo ou máximo de componentes do painel, que pode variar de um pequeno grupo até um grupo numeroso, dependendo do tipo de problema a ser investigado e da população e/ou amostras utilizáveis. Algumas variações podem implicar a eliminação de uma ou mais características do método "Delphi", ou a criação de procedimentos diferentes, que são admitidos, desde que sejam conservadas as características básicas.

A aplicação do método pode ser feita através do correio ou via terminais de computador. O pesquisador sumariza o cálculo da mediana ou da média da previsão, remetendo o resultado a cada "painelista", podendo ou não incluir um relatório. Os indivíduos pesquisados são solicitados a revisar suas previsões, submetendo-as à comparação com os argumentos de suporte. O processo se encerra quando o consenso entre os participantes for aproximado.

De acordo com a praxe do método "Delphi", a primeira etapa é composta de questões totalmente abertas.

O método é recomendado para a realização de previsão futura quando modelos puramente matemáticos não podem ser utilizados e quando é necessário que se exista um julgamento pessoal do indivíduo que trabalha com o tema a ser investigado.

É importante ressaltar que a precisão do método é difícil de avaliar, pois o julgamento das pessoas sobre um determinado assunto não pode ser comparado com as medições. Sendo assim, a sugestão que se faz é que ao realizar-se uma pesquisa com o método Delphi é de que os resultados sejam comparados com os de outros métodos de julgamento.

#### 4.1.1 *Vantagens*

O método "Delphi" oferece duas vantagens: seu custo é relativamente baixo, e ele suprime as pressões que os participantes poderiam ter numa confrontação. Fornece comunicação estruturada, anonimato dos participantes, retorno aos participantes e respostas estatísticas baseadas no grupo. Permite, ademais, a identificação de muitos modelos e percepções pelos especialistas que não seriam factíveis em modelos matemáticos, além de contar com a intuição (ROWE e WRIGHT, 1999).

A cada rodada que passa, o consenso entre os especialistas tende a aumentar.

#### 4.1.2 *Desvantagens*

A principal desvantagem do método é que nem sempre é fácil identificar os especialistas na área, fazendo com que as respostas sejam tendenciosas, dependendo da escolha do grupo de indivíduos que responde ao questionário proposto.

É necessária cautela com a formulação das perguntas, pois as mesmas podem ser altamente subjetivas, sendo capazes de induzir a resposta. Para evitar que isso ocorra, é necessário que o grupo de especialistas formado seja de grande diversidade cultural, para que as distorções sejam evitadas.

#### 4.1.3 *Especialistas*

A seleção de participantes depende basicamente de dois aspectos: identificar quem e onde estão os especialistas e dentro deste grupo, selecionar quais serão os especialistas que estarão aptos a responder o questionário.

A seleção é importante, pois um grupo que não seja necessariamente especialista no assunto pode comprometer o resultado com respostas fugazes. Para atingir um resultado próximo da realidade é necessária a garantia de que dentro do grupo escolhido exista vários tipos de pontos de vista.

Os especialistas devem apresentar características como: Conhecimento na área de interesse, capacidade de avaliar seus conhecimentos e imaginação (LOVERIDGE, 2001). Eles ainda devem ser selecionados entre vários setores de atuação, como universidades, indústrias e governo, para que assim todos os setores sejam representados, elevando a credibilidade da pesquisa (SANT'ANA, 2005).

#### 4.1.4 *Formulação do Questionário*

A formulação do questionário não é simples. É necessário que o pesquisador siga uma série de regras pré-estabelecidas, para que o julgamento dos especialistas não seja afetado, por exemplo, por subjetivismos.

Ao formular as perguntas do método Delphi, é necessário que se tenha os seguintes cuidados (LOVERIDGE, 2002):

- Não haver ambiguidade;
- Não fazer declarações condicionais;
- Temos científicos devem ser corretos;
- Parâmetros devem ter definições claras.

É preciso que as perguntas sejam simples, claras e diretas. Ao se construir afirmativas longas, abre-se espaço para variações de interpretações, ao mesmo passo que afirmações muito concisas podem limitar o grau de compreensão perante o questionamento.

Uma questão deve ter, aproximadamente, entre 10 e 30 palavras, pois o entrevistado que é especialista no assunto reconhecerá rapidamente o tema abordado e ficará frustrado com adição de informações em excesso. Além disso, quanto menos informação estiver presente na questão, maior será o teste do nível de conhecimento (LOVERIDGE, 2002).

O questionário deve ser preenchido individualmente, sem que exista uma supervisão ou um grupo para responder junto.

Pelo fato de que os respondentes do questionário sejam anônimos uns para os outros, um excelente meio de se conduzir a pesquisa é através de correio. Com o advento da internet, foi possível fazer com que pesquisas utilizando a metodologia Delphi fossem conduzidas eletronicamente. É o caso do presente trabalho.

#### 4.1.5 Método Delphi e Planejamento no Brasil

Como dito na apresentação desse capítulo Instituições como a Faculdade de Economia e Administração da USP, a Unicamp, a Escola Politécnica da USP, a Universidade Federal de São Carlos e a Universidade Federal do Rio de Janeiro, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, já desenvolveram vários trabalhos sobre a metodologia de previsão futurística.

A metodologia pode ser utilizada para diversos contextos, como são mostrados nos estudos de Cardoso *et al* (2005), Hoffmann (2016), Broki (2010), Ribeiro (2009), Sant'ana (2005), Borges (2013), Santos (2004) e Schulz (2009) entre outros.

Entre as áreas que já foram objeto de estudos prospectivos importantes são citadas as de energia (prospecção de petróleo em águas profundas, programa nacional do álcool, pilhas a combustíveis), telecomunicações, turismo, nanotecnologia, educação e várias cadeias produtivas do agronegócio, além de aplicações na área científica e tecnológica.

Até a metade da década de 80, segundo Kairilla (1984) os estudos que utilizavam a metodologia Delphi estavam voltados primeiramente para áreas de Ciências Físicas e Engenharia, Ciências Sociais e Economia, já áreas como Educação e Administração Pública, Ciências Biológicas e Medicina também apresentavam um considerável destaque no uso da metodologia.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo serão apresentados os resultados da pesquisa sobre as tendências do ensino da engenharia química nos próximos 30 anos.

A pesquisa foi conduzida entre os dias 01 de fevereiro e o dia 27 de junho de 2017. E foram realizadas duas etapas. Para esse tipo de estudo, conduzido eletronicamente, seis meses é um período de tempo considerado satisfatório para que todos os especialistas escolhidos, para participar do mesmo, tivessem tempo para responder aos questionamentos, caso mostrassem interesse.

O questionário enviado é apresentado no Anexo C. E os dados finais obtidos são apresentados no Anexo D.

### 4.2 Metodologia

A metodologia escolhida na previsão do ensino em Engenharia Química, em médio prazo, foi a Técnica Delphi. A mesma foi escolhida, porque o ensino não depende de um modelo matemático, mas sim de como a metodologia é aceita pelo grupo de pessoas. Além disso, não existem dados sobre os questionamentos abordados.

A metodologia Delphi foi aplicada e conduzida, através do programa eletrônico disponibilizado na internet, pelo site *QuestionPro* ([www.questionpro.com](http://www.questionpro.com)), que será apresentado na seção 5.1.1.

A técnica Delphi, aplicada pela internet apresenta algumas vantagens, como mostra Giovinazzo & Fischmann (2001):

- Possibilidade de se realizar previsões em situações de carência de dados históricos, o que é bastante interessante em pesquisas realizadas no Brasil, ou mesmo em pesquisas sobre temas recentes, com poucos dados históricos, como Comércio Eletrônico;
- O grupo de especialistas traz à análise do problema um volume muito maior de informação do que um único especialista, mesmo que bem informado;
- O uso de questionários com respostas escritas conduz a uma maior reflexão e cuidado nas respostas em comparação a uma discussão em grupo;

- O anonimato nas respostas elimina a influência de fatores como o "status" acadêmico ou profissional do respondente, ou sua capacidade de oratória, na consideração da validade de seus argumentos;
- Fatores restritivos da dinâmica de grupo são reduzidos, como a supressão de posições minoritárias, a omissão de participantes, a adesão espúria às posições majoritárias e a manipulação política.

E quando comparado com o Delphi tradicional, ainda pode-se citar a eliminação de alguns problemas que ocorrem quando a pesquisa é conduzida por meios tradicionais, como é mostrado por Giovinazzo e Fischmann (2001):

- O Delphi pela Internet substitui a utilização dos correios ou outros serviços de entrega para o envio dos questionários impressos e outros materiais informativos por um formulário divulgado na Internet, o que reduz drasticamente os custos na preparação dos materiais e envio;
- Quanto ao tempo necessário para a realização da pesquisa, também é reduzido drasticamente em relação ao Delphi tradicional. Além da Internet eliminar o tempo gasto no envio e recebimento do questionário pelo correio, ainda há a vantagem de se eliminar um grande tempo gasto com a digitação das respostas para a tabulação;
- Os questionários são respondidos diretamente em um formulário da Internet, sendo que os dados são encaminhados automaticamente para uma planilha eletrônica, agilizando o tempo gasto no processo;
- A utilização da Internet também permite um feedback muito mais rápido aos respondentes. Esta maior agilidade também evita que haja uma perda do interesse por parte dos participantes, devido a uma demora excessiva do processo como um todo;

- O Delphi realizado pela Internet ainda traz a vantagem de utilizar uma mídia mais atraente e flexível, sendo possível utilizar recursos visuais, sonoros e ferramentas que tornam o preenchimento do questionário mais agradável e eficiente.

É válido ressaltar que para uma pesquisa conduzida eletronicamente é fundamental que exista um suporte à informática hábil e disponível para auxiliar caso ocorra algum imprevisto com o computador.

O questionário foi construído de maneira a investigar o conhecimento do especialista sobre como é o ensino atual e como seria impactado com as mudanças oriundas da tecnologia em 30 anos. Tomou-se o cuidado de elaborar um questionário simples, que não permitisse que o entrevistado tivesse qualquer dúvida acerca da pergunta, ou fosse induzido ao responder o mesmo. Portanto a participação foi espontânea.

O questionário foi construído em português e vertido ao inglês e as questões estão apresentadas nos Anexos C e D

#### 4.2.1 *Question Pro*

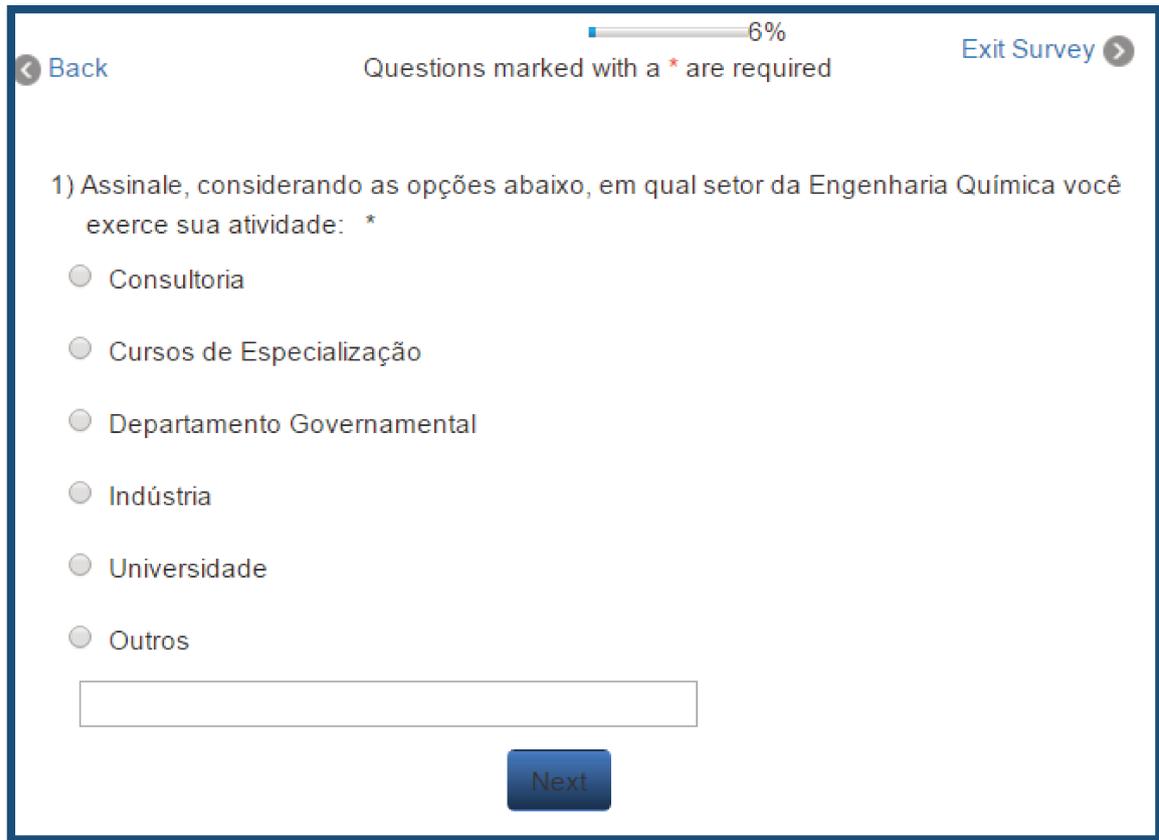
O *QuestionPro* é um “*software*” online, que possibilita a criação, publicação e distribuição de pesquisas elaboradas pelos usuários do site.

Dentro do site, é possível encontrar uma interface de fácil uso para a construção do questionário sobre o assunto a ser investigado, assim como uma ferramenta que possibilita o envio de e-mail com o endereço da pesquisa, para as pessoas que serão convidadas a participar do estudo.

É um site de grande versatilidade, sendo possível elaborar os mais variados tipos de questões: abertas, de múltipla escolha e até mesmo de quantificação, entre outras opções. O site também disponibiliza ferramentas, que fazem o levantamento estatístico dos dados recolhidos e a visualização, por meio de gráficos e dados numéricos, das respostas obtidas através dos entrevistados.

A Figura 09 mostra como o entrevistado visualizou e respondeu ao questionário.

Figura 09 - Tela do Questionário Enviada aos Especialistas.



The screenshot shows a survey interface with a progress bar at 6%, a 'Back' button, and an 'Exit Survey' button. The question asks for the respondent's sector in chemical engineering. The options are: Consultoria, Cursos de Especialização, Departamento Governamental, Indústria, Universidade, and Outros. There is a text input field below the options and a 'Next' button.

6%

Back Questions marked with a \* are required Exit Survey

1) Assinale, considerando as opções abaixo, em qual setor da Engenharia Química você exerce sua atividade: \*

- Consultoria
- Cursos de Especialização
- Departamento Governamental
- Indústria
- Universidade
- Outros

Next

A partir do envio das questões, à medida que os participantes vão acessando e respondendo ao questionário, o site disponibiliza um relatório de visualização rápida, com gráficos e tratamento estatístico, para que o usuário acompanhe instantaneamente as respostas obtidas, assim como a localidade geográfica de origem. É importante ressaltar, que a cada resposta obtida, é atribuída uma numeração ao respondente, mantendo assim o anonimato do entrevistado.

O programa é adequado para quem pesquisa sobre um determinado assunto e, usa a metodologia Delphi, pois o site, permite ao usuário, a exportação dos dados para outros *softwares* (como o Excel<sup>®</sup>), bem como a criação de grupos específicos para o envio de email. É possível a visualização dos relatórios, tanto coletivos, como individuais, dos respondentes, assim como o tratamento estatístico das respostas. Através do site, também é possível investigar quem já respondeu e os que não acessaram o questionário, sendo possível traçar um perfil dos respondentes.

### 4.3 Escolha dos Especialistas

Os especialistas foram escolhidos em função dos rankings das universidades (Anexo A e Anexo B). Foram selecionados ao todo 1000 (mil) especialistas do mundo todo para participar dessa pesquisa, sendo que no Brasil foram escolhidos 350 profissionais ligados ao ramo do ensino em Engenharia Química, enquanto que nos demais países foram selecionados 650. Para a escolha dos participantes desse estudo, alguns fatores foram levados em consideração.

Uma das premissas da metodologia Delphi é o anonimato dos participantes. Segundo Linstone *et al.* (2002), a pressão social existente, pode se tornar um inconveniente durante a condução da pesquisa, já que o grupo pode fazer um acordo social, ao invés de expressar sua opinião acerca do assunto abordado. Além disso, permite ao respondente não ser influenciado pela reputação de outro entrevistado, bem como por suas impressões sobre o conduzente da pesquisa. Dessa maneira, para garantir o total anonimato dessa pesquisa, optou-se por não entrevistar os professores da FEQ nesse estudo, já que na carta de apresentação, era dito que a pesquisa era conduzida por membros dessa universidade.

Outro fator decisivo na escolha dos especialistas, foi a grande variação da localização dos respondentes. Com isso, garante-se a diversidade cultural e de instituições, o que leva ao enriquecimento dos dados obtidos, tornando essas vantagens decisivas para a definição do método de pesquisa.

No Brasil os 350 especialistas foram escolhidos, tendo como base o ranking universitário da Folha de São Paulo (RUF) de 2016 (Anexo A). A partir desse ranking, adotou-se as 20 melhores universidades do país, para a escolha dos profissionais, tomando-se o cuidado, de selecionar ao menos uma universidade, por região do país.

Num contexto mais universal, os 650 profissionais foram escolhidos a partir do *QS World University Ranking*, também de 2016 (Anexo B). Nesse caso, usou-se as 35 faculdades melhores ranqueadas, não importando qual região do mundo.

A porcentagem entre os selecionados, que se interessaram pela pesquisa, chegando a visualizar o questionário foi de 15,20%. Esse número, embora possa parecer baixo, é o número considerado satisfatório, definido pelas regras da metodologia.

Quando existe alguma relação entre os administradores da pesquisa e os especialistas, o índice de abstenção é em torno de 65%. Quando não existe essa relação, ou seja, ela é conduzida no completo anonimato, a porcentagem de abstenção é bastante alta, acima de 80%, podendo, em alguns casos, chegar aos 90% (WRIGHT & GIOVANAZZO, 2000).

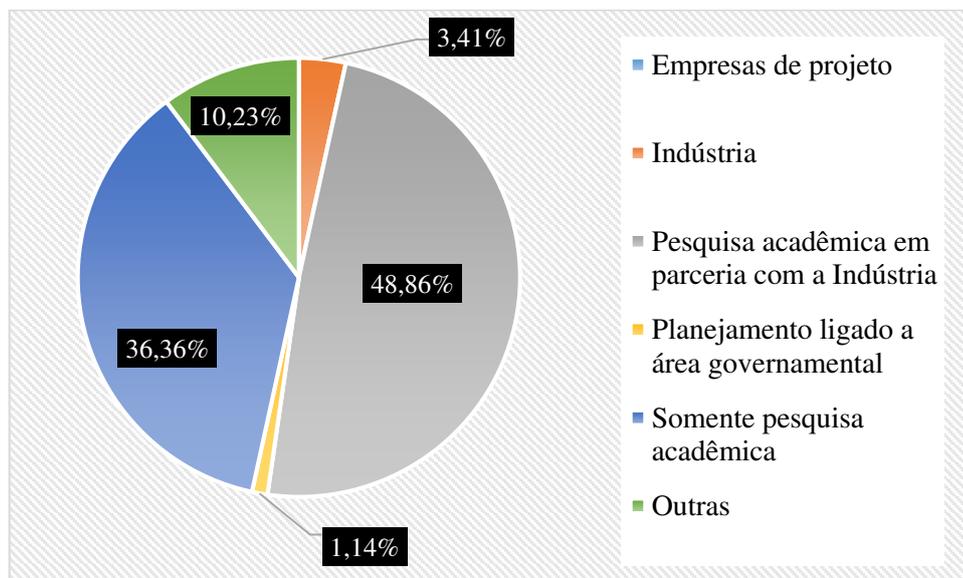
Dessa maneira, a porcentagem obtida nessa pesquisa está dentro do esperado.

### 5.3 Perfil dos Participantes

É interessante notar que, em uma pesquisa, existam profissionais do ensino ligados a setores e interesses diferentes do ensino da engenharia química propriamente dita, pois dessa maneira, garante-se a diversidade de ideias e pensamentos sobre os rumos do ensino, mas todos com formação de Engenheiro Químico.

O perfil da experiência dos participantes (questão 2) é apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Perfil do Especialistas Participantes da Pesquisa.



A Figura 10, mostra que, a maioria dos participantes (48,86%) está ligado a pesquisa acadêmica, com parceria com a Indústria. Profissionais que estão trabalhando somente com a área acadêmica/pesquisa perfazem 36,36% e 3,41% estão ligados somente a indústria enquanto que 1,14% dos entrevistados tem ligações com a área governamental. Do total, 10,23% se enquadram em outra categoria, entre elas projeto de extensão/pós-graduação. Os que responderam serem ligados a outras atividades, são professores atualmente aposentados (1,14%). Dessa maneira, assume-se que é um quadro bastante diversificado e satisfatório para a condução da pesquisa sobre o ensino.

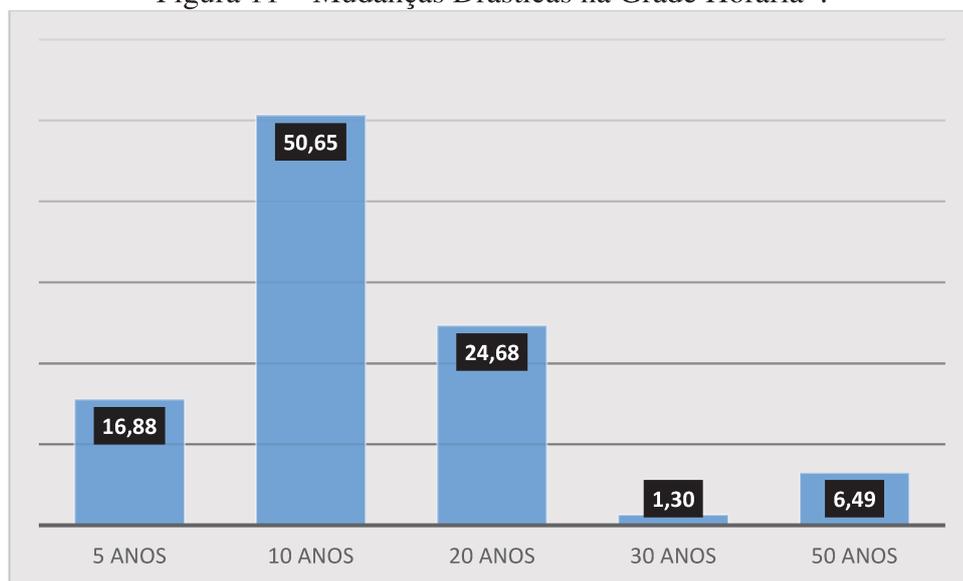
## 5.4 Mudanças Drásticas na Grade Curricular

Foi perguntado aos especialistas (questão 3), sobre a previsão do tempo necessário para ocorrer uma mudança curricular significativa na grade horária do curso de engenharia química (graduação).

A Figura 11 apresenta o resultado da opinião dos especialistas.

O período de total tempo estipulado para tais mudanças seria entre 5 e 50 anos.

Figura 11 – Mudanças Drásticas na Grade Horária\*.



(\*os valores estão em %)

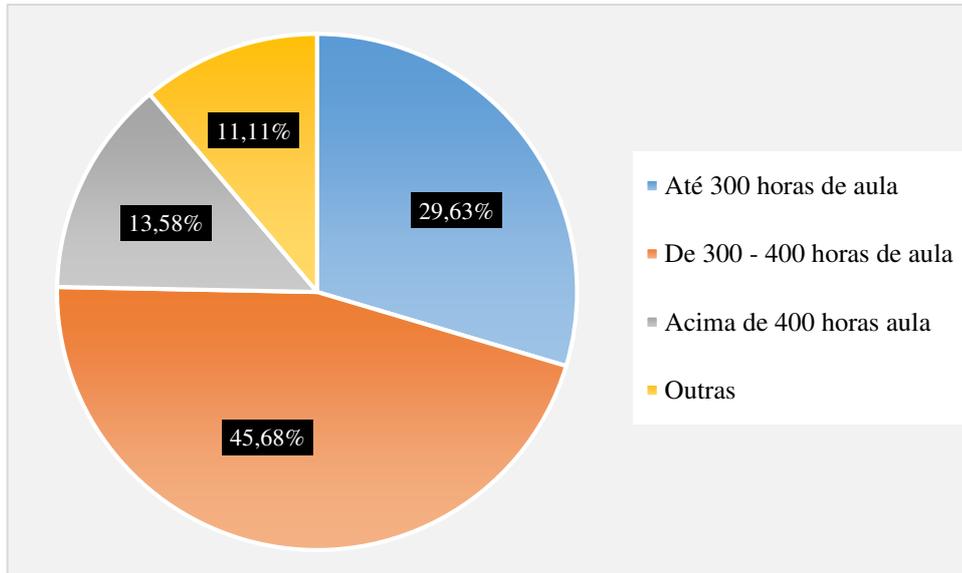
A grande maioria dos especialistas (50,65%) acredita que, a cada 10 anos, deve haver mudanças consideráveis nas grades horárias. Uma outra parcela considerável (24,68%), acredita que essas mudanças ocorrerão num período um pouco maior, de 20 anos. Apesar de preverem uma grande mudança num período, não tão longo, os especialistas foram taxativos ao afirmar que essas mudanças serão graduais, ou seja haverá diferenças em relação aos dias atuais, mas as mudanças serão lentas, conforme a exigência da sociedade. Então não teremos um impacto abrupto no ensino como é conhecido atualmente.

## 5.5 Carga Horária Ideal

Atualmente o ensino da Engenharia Química tem uma estrutura curricular com semestres, que giram em torno de 300 a 400 horas/aula por semestre.

Foi questionado (questão 4) aos especialistas, qual seria a melhor carga horária para a melhoria do aprendizado/ensino da engenharia química e maior enriquecimento do aluno. As respostas são apresentadas na Figura 12.

Figura 12 – Carga Horária Ideal para o Curso de Engenharia Química.



Pela Figura 12 nota-se que grande parte dos especialistas (45,68%) acha adequado manter a carga horária dos dias atuais.

Outra resposta muito citada (29,63%) foi de até 300 horas/aula, esses especialistas acreditam que esse tempo é suficiente para manter a qualidade do ensino.

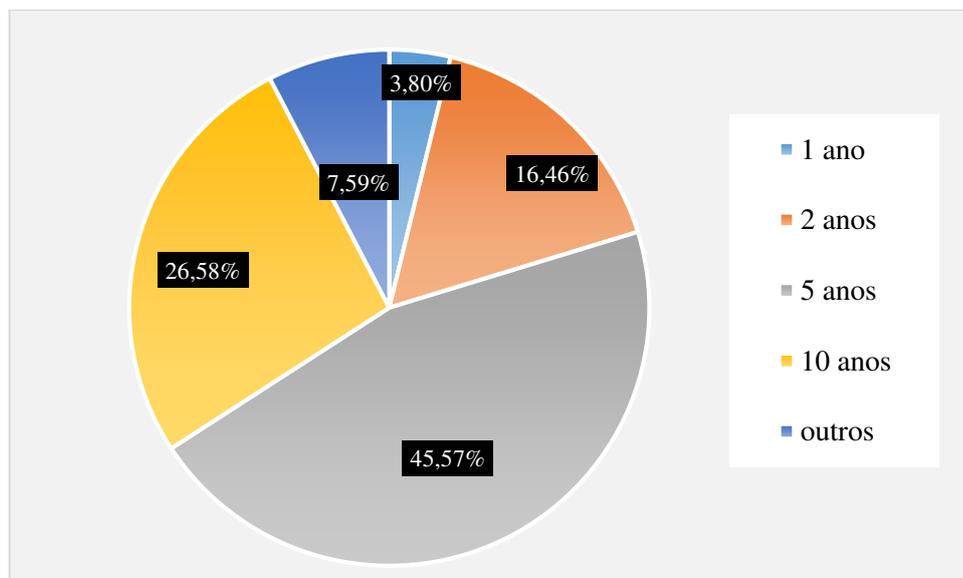
Quando questionados sobre isso, os especialistas afirmaram que o tempo total pode até ser reduzido, mas que o tempo dedicado ao aprendizado, ou seja, estudo fora de sala de aula, por parte do aluno, deveria ser de 6 horas diárias.

Alguns especialistas apontaram que definir a quantidade pode ser difícil, pois as universidades têm que estar preparadas para formarem bons profissionais e não preocupadas em quantidade de tempo.

## 5.6 Reavaliação do Curso de Engenharia Química

O mundo é dinâmico e globalizado, sendo que o advento computacional trouxe grande quantidade de novas informações. Diariamente, é cada vez mais comum, o acesso à novas tecnologias, ideias e oportunidades, tornando assim a sociedade mais dinâmica. Devido a isso, as faculdades devem estar constantemente aptas a receber as novas demandas sociais, para que assim possam preparar, da melhor forma possível, o futuro profissional dos engenheiros. Pensando nisso, perguntou-se (questão 5) aos especialistas qual seria o tempo ideal para reavaliar, como um todo, a estrutura do curso de Engenharia Química. A Figura 13 ilustra a resposta dos especialistas.

Figura 13 – Período Ideal para Reavaliação da Estrutura Curricular.



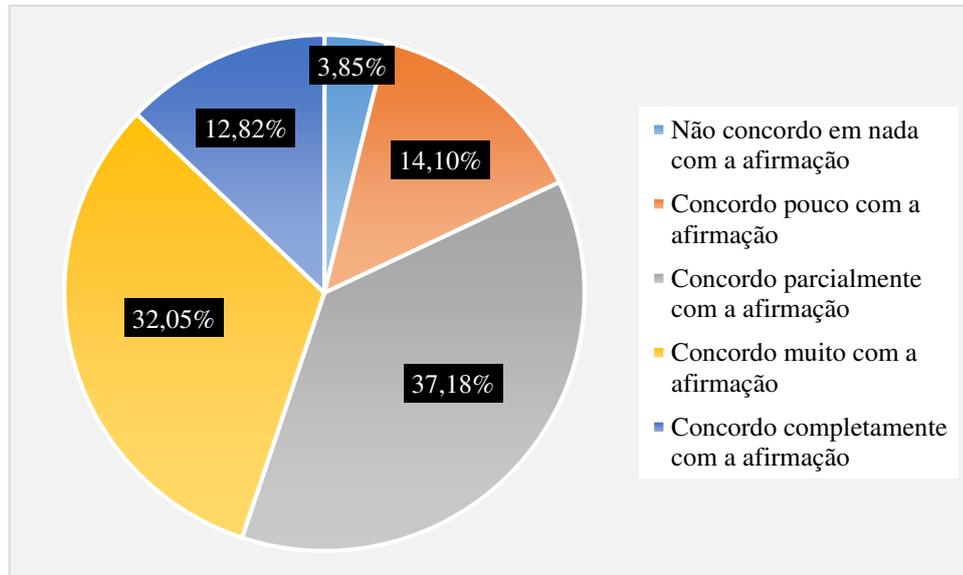
A grande maioria dos especialistas (45,57%) acredita que o período ideal para esse tipo de análise é, um período de 5 anos. Outra grande parcela (26,58%) acredita que esse período deve ser de 10 anos.

Ao serem questionados sobre isso, chegou-se à conclusão que 7 anos seria o período ideal, pois 5 anos, ou menos, seria um período curto para que qualquer mudança tenha algum efeito enquanto 10 anos seria um período muito longo para tratar de problemas estruturais do curso.

Ainda sobre a estrutura curricular, questionou-se aos especialistas (questão 6), que tipo de cenário faria a grade horária sofrer alterações em sua estrutura. Foram citadas três categorias que podem determinar a mudança e pediu-se que os especialistas avaliassem o quanto eles

concordavam com cada uma delas. Os resultados são apresentados nas Figuras 14, Figura 15 e Figura 16. Na Figura 17, apresenta-se a opinião dos entrevistados em um mesmo gráfico.

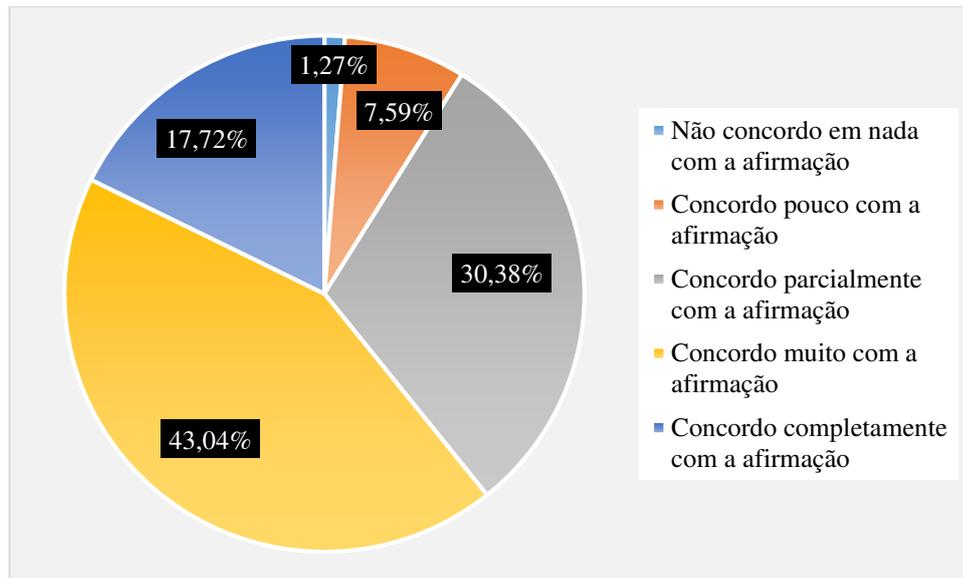
Figura 14 – Mudanças Baseadas no Patrimônio Científico.



Patrimônio científico é todo legado e conhecimento científico que uma dada instituição ou país coleciona, incluindo-se também documentos, coleções arqueológicas e biológicas entre outros. Mudanças no patrimônio científico são aquelas que visariam a valorização e preservação dessa herança cultural, assim como a criação de ferramentas e facilidades para incentivar o incremento e preservação desses conhecimentos e também a utilização dos mesmos para elaboração de novos projetos, enriquecendo assim o conhecimento já pré-existente.

Pela Figura 15, percebe-se que 82,05% dos especialistas concordam parcialmente, muito ou completamente com o fato que patrimônio cultural interfere na decisão de mudança de plano curricular.

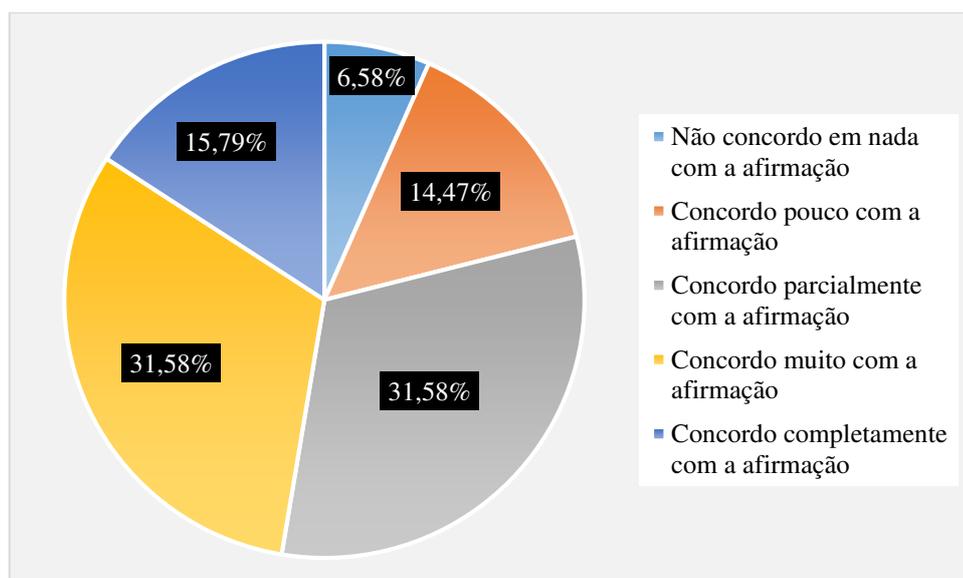
Figura 15 – Mudanças Baseadas no Desenvolvimento Tecnológico.



Mudanças baseadas no desenvolvimento tecnológico, Figura 15, implicam aquelas baseadas nos conhecimentos tecnológicos da sociedade, ou seja, são todas as tecnologias que melhoram trazem conforto, melhorias para sociedade.

Pela Figura 15, percebe-se que 91,14% dos especialistas concordam parcialmente, muito ou completamente com o fato que o desenvolvimento tecnológico interfere na decisão de mudança de plano curricular.

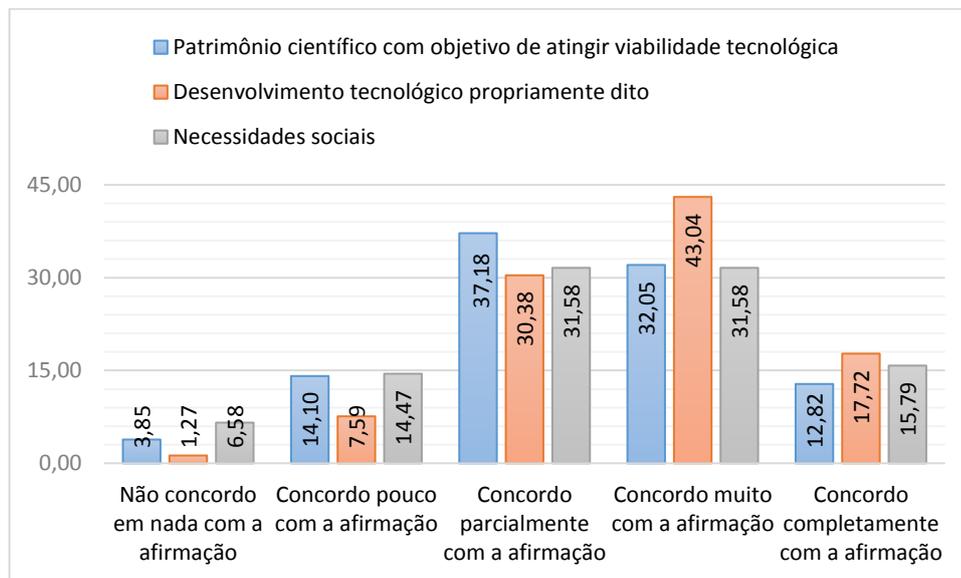
Figura 16 – Mudanças Baseadas em Necessidades Sociais.



Mudanças baseadas nas necessidades sociais, Figura 16, são aquelas que ocorreriam devido as necessidades da sociedade, sendo essenciais para o crescimento e desenvolvimento do indivíduo visando integração com a sociedade em geral.

Pela Figura 16, percebe-se que 78,95% dos especialistas concordam parcialmente, muito ou completamente com o fato que as necessidades sociais interferem na decisão de mudança de plano curricular.

Figura 17 – Fatores que influenciariam na mudança de grade curricular\*.



(\*os números apresentados estão em %)

Como apresentado na Figura 17, (que mostra as três opiniões no mesmo gráfico), conclui-se que o fator que mais interfere na possível mudança da grade horária, conforme os questionados, é o desenvolvimento tecnológico propriamente dito (91,14%). Já o patrimônio científico, são o segundo fator de maior impacto na alteração da grade horária, ficando com 82,05% das opiniões dos especialistas. As necessidades sociais é o fator que menos interfere na decisão final de alteração de grade curricular, ficando somente com 78,95% das opiniões favoráveis.

É válido observar que apesar de uns fatores serem menos relevantes que os outros, os especialistas concordam em graus variados, que nenhum dos três fatores é dispensável, mostrando assim que a decisão de mudança de uma grade horária, dependerá de múltiplos fatores, ou seja nunca será pontual.

Pode-se então concluir, que quanto maior for o desenvolvimento tecnológico em um determinado período, maior será necessidade de haver alteração curricular, para familiarização dos estudantes com as novas tecnologias do mercado.

## 5.7 Grade Curricular

A grade curricular do futuro engenheiro químico é o principal pilar de sua formação. É através das disciplinas contidas nela que a formação do profissional será moldada. Para ter-se certeza da preparação adequada do aluno para as exigências do mercado (Capítulo 01) é necessário projetar qual seria a melhor estrutura curricular do curso de formação de engenharia química.

### 5.7.1 Carga Horária

Foi então questionado aos especialistas (questão 7) sobre a proporção entre a carga horária entre aulas teóricas e práticas que o curso de engenharia química deveria ter. O resultado pode ser observado na Figura 18.

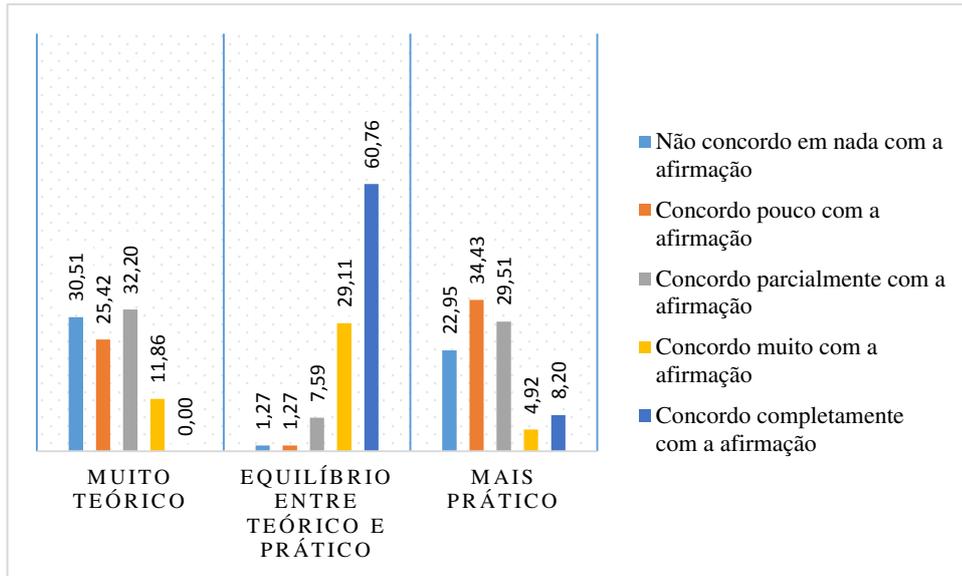
De acordo com a Figura 18, existe um consenso entre os especialistas que na grade horária deve haver um equilíbrio entre o ensino prático e o teórico. Dos entrevistados, 97,46% acreditam na necessidade de existir esse equilíbrio na grade curricular.

Quando analisado separadamente, é interessante analisar que apenas 42,63% dos entrevistados pensam que curso poderia ser mais prático enquanto que 44,06% pensam que o curso poderia ser mais teórico (atentando ao fato que nenhum especialista concordou plenamente com o caso de existir um curso plenamente teórico).

Esse resultado é previsível e intuitivo, uma vez que no dia-a-dia da indústria, o futuro engenheiro químico terá que colocar em prática os conhecimentos adquiridos durante sua formação, e isso só será possível apenas se houver um embasamento teórico solidificado. Por outro lado, a aplicação prática dos conhecimentos, só é possível quando há experiência prévia da teoria.

Então é esperado que em um curso de formação de engenharia exista espaço tanto para disciplinas práticas quanto teóricas em proporções semelhantes. Portanto é necessário que as faculdades de engenharia hoje, abram espaços em suas grades para aplicação dos conhecimentos, seja por via de disciplinas que tragam informações sobre o cotidiano industrial ou cedendo mais espaço para o aluno cursar estágios.

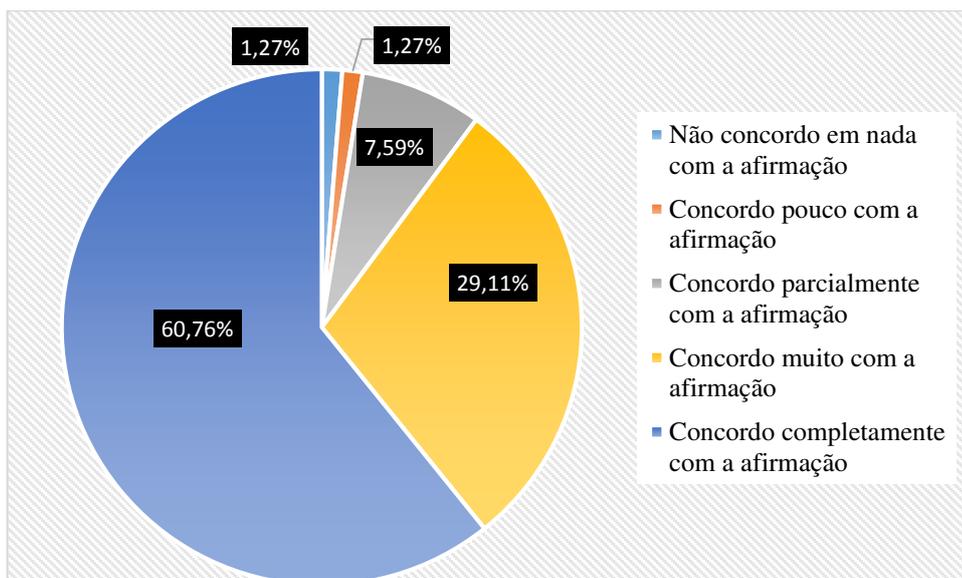
Figura 18 – Estrutura da Grade Curricular.



Na Figura 19 é exibido detalhadamente o gráfico sobre a opinião dos especialistas sobre o equilíbrio entre o ensino prático e teórico da grade curricular.

Nesse gráfico, é possível notar a convergência das opiniões (97,46%) para o cenário onde uma grade curricular possua tanto disciplinas teóricas quanto de práticas da engenharia, sendo que apenas 2,54% dos especialistas não acreditam na eficácia dessa estrutura curricular.

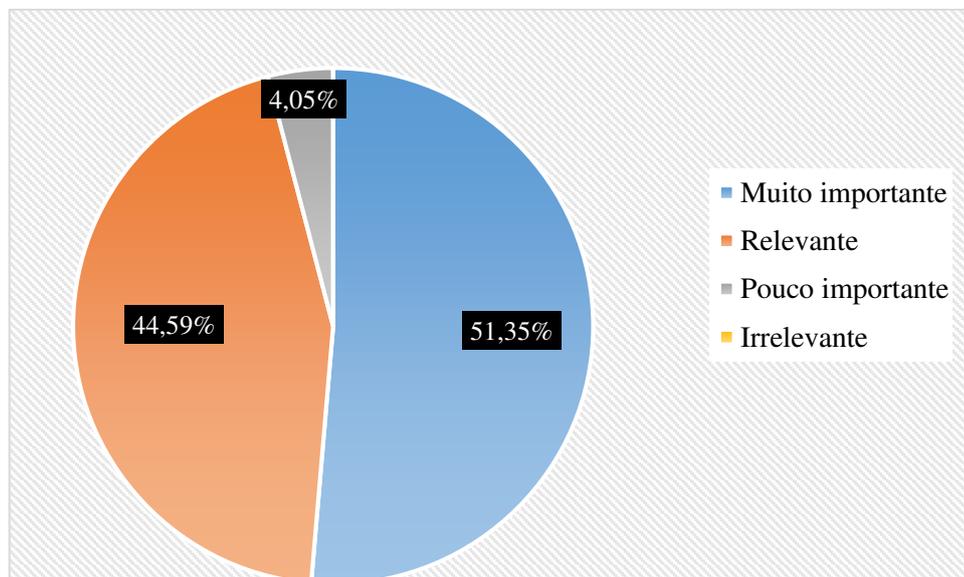
Figura 19 – Estrutura da Grade Curricular: Equilíbrio entre Ensino Prático e Teórico.



### 5.7.2 Matérias Complementares

O curso de engenharia química também tem sua ligação com as matérias de humanidades. É através das disciplinas complementares (ou todos os estudos que não são ligados a atividades de Engenharia Química como Operações Unitárias, Fenômenos de Transportes, Termodinâmica, Cinética e outras também, assim como as disciplinas básicas como Físicas, Químicas e Matemáticas) que esse caráter é atribuído a grade curricular. Dessa forma questionou-se (questão 13) qual seria a importância da presença dessas disciplinas na estrutura do ensino do futuro engenheiro químico. A Figura 20 ilustra o resultado obtido.

Figura 20 –Importância das matérias complementares no curso de Engenharia Química.



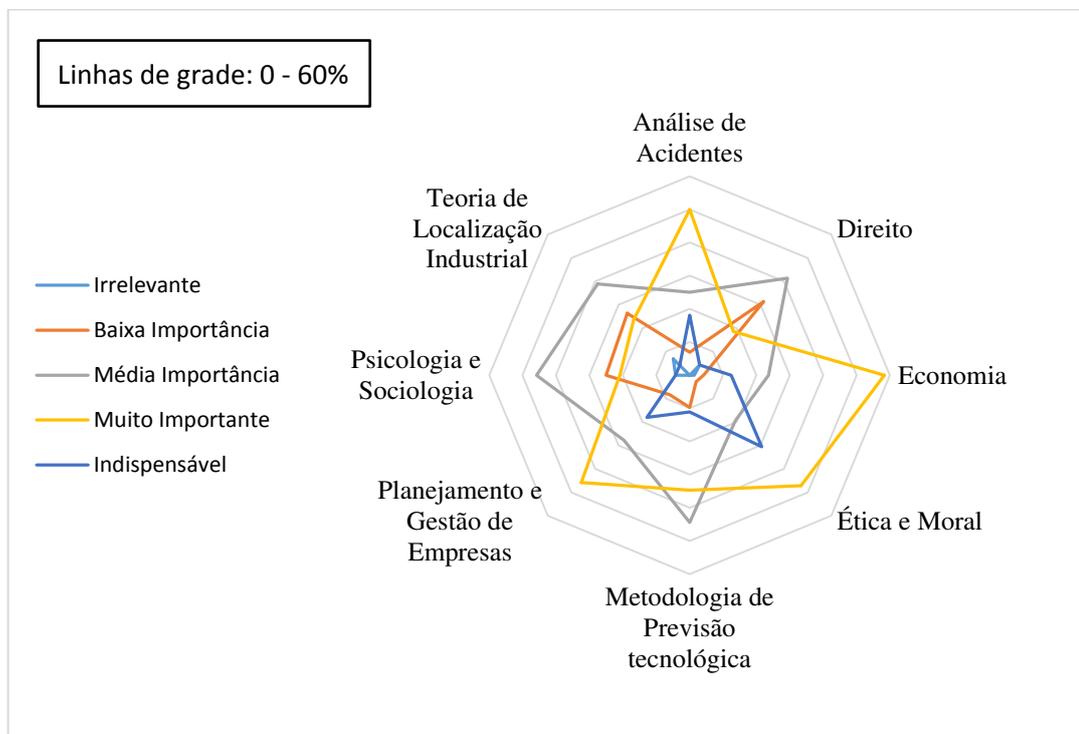
Pela Figura 20, é possível concluir que os especialistas concordam sumariamente (95,94%) que a presença de disciplinas complementares contribui em muito para a boa formação do futuro engenheiro químico.

Em uma sociedade em que é exigida cada vez mais multidisciplinaridade de um futuro profissional, esse resultado é bastante coerente (e esperado), já que o intuito das disciplinas complementares é justamente agregar e fornecer perspectivas diferentes de formação do aluno, num mundo globalizado. Dessa maneira, a universidade, embora não tenha essa obrigação formal, pode incentivar o aluno a cursar o maior número possível de disciplinas complementares para que ele mesmo enriqueça sua formação.

### 5.7.2.1 Disciplinas Complementares Necessárias no Currículo

Dentre as matérias complementares existentes, foi questionada (questão 14) a importância da presença de 8 disciplinas na grade curricular. (Análise de Acidentes, Direito, Economia, Ética/Moral, Metodologias de Previsão Tecnológica, Planejamento e Gestão de Empresas, Psicologia/Sociologia e Teoria da Localização Industrial). O resultado da relevância dessas disciplinas na grade horária se encontra na Figura 21.

Figura 21 –Matérias complementares no curso de Engenharia Química.



No gráfico da Figura 21, cada linha de grade representa 10% dos entrevistados enquanto que cada cor de linha representa a importância do tópico apresentado. Quanto mais afastado do centro estiver o ponto, maior o número de especialistas, já se o ponto estiver próximo ao centro, menor é quantidade de especialistas que concordam com a importância do tópico apresentado.

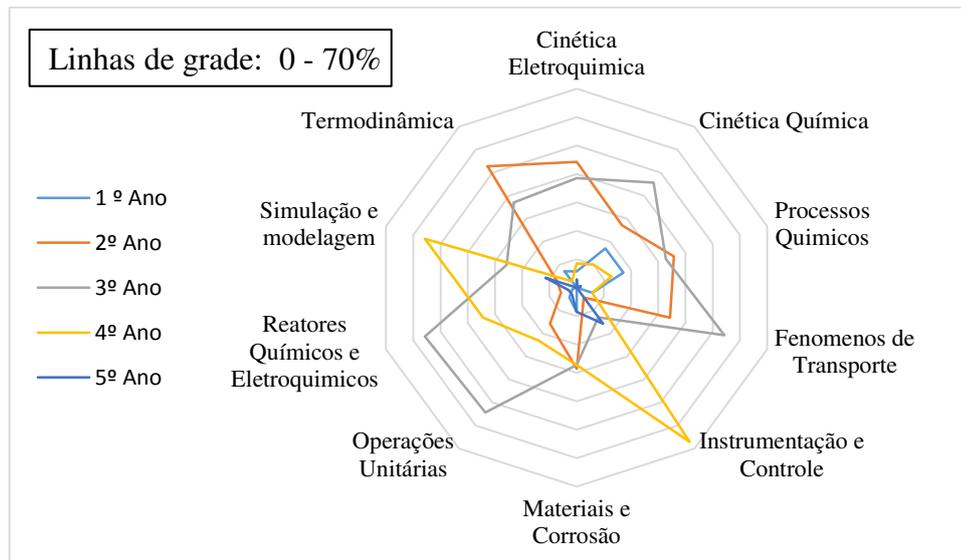
Pela Figura 21 pode-se constatar que Economia, Ética/Moral, Análise de Acidentes e Planejamento de Gestão de Empresas são as disciplinas que não podem faltar na grade horária do futuro Engenheiro Químico. Já disciplinas como Psicologia/Sociologia assim como Teoria da Localização Industrial e Direito, são vistas pelos especialistas sem muita importância para a formação do profissional. Metodologia de Previsão Tecnológica é uma disciplina que atrai a

atenção dos especialistas, porém eles concordam que não deve existir uma obrigatoriedade na grade curricular.

### 5.7.3 Início das Principais Disciplinas

A Engenharia Química tem por base algumas disciplinas objetivas. São as chamadas disciplinas fundamentais da Engenharia Química. Entre elas, podem ser classificadas em científicas e tecnológicas. Questionou-se (questão 17) aos especialistas em que momento do curso seria adequado o ensino dessas disciplinas (levando-se em consideração um curso de formação de 5 anos). Os resultados são exibidos na Figura 22.

Figura 22 –Início das Matérias Fundamentais no curso de Engenharia Química.



No gráfico da Figura 22, cada linha de grade representa 10% dos entrevistados, quanto mais afastado do centro estiver o ponto, maior o número de especialistas que concordam com aquele tema apresentado, já se o ponto estiver próximo ao centro, menor é quantidade de especialistas que concordam com o tópico apresentado. Cada cor representa um ano do curso. Ou seja, nesse gráfico, quando um pico estiver naquela disciplina significa que naquele ano do curso, a matéria deverá ser ministrada.

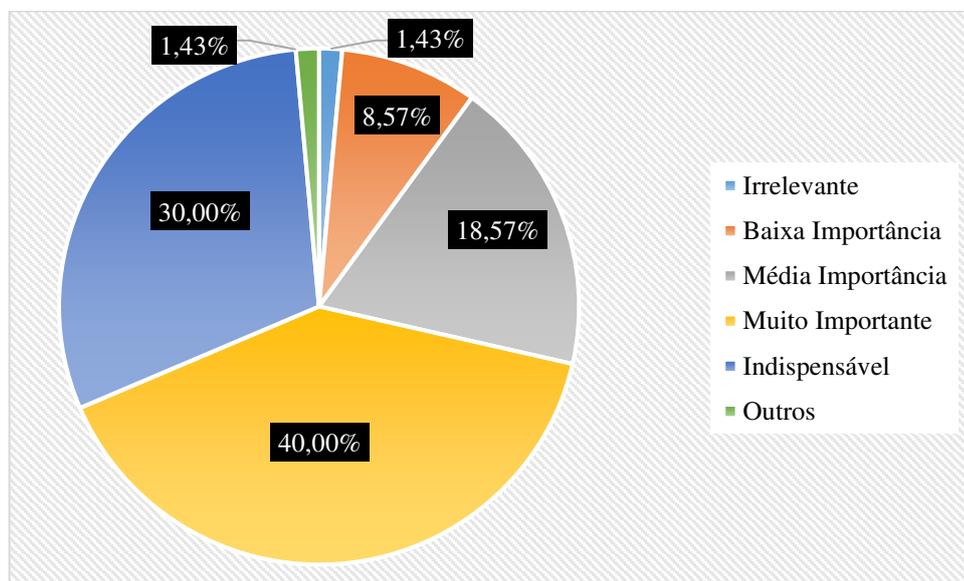
De acordo com a Figura 22, nenhuma das disciplinas citadas deveria se iniciar no primeiro ano de faculdade, deixando assim esse período para matérias do ciclo básico (as matemáticas, físicas e químicas). Termodinâmica seria a disciplina que deveria começar no segundo ano letivo. Reatores Químicos e Eletroquímicos, Operações Unitárias e Fenômenos de

Transporte deveriam ter início no terceiro ano e por fim Instrumentação & Controle e, Simulação/Modelagem deveriam ser iniciadas no quarto ano.

#### 5.7.4 Análise de Risco e Segurança

Anualmente as indústrias investem intensamente em segurança de seus funcionários e de suas instalações. Contudo, o aluno de engenharia química adquire pouco conhecimento das técnicas e práticas de segurança. Questionou-se (questão 16), se na grade horária deveria existir uma disciplina que ensinasse os alunos sobre análise de risco e segurança. A opinião dos especialistas é apresentada na Figura 23.

Figura 23 –Criação da disciplina Análise de Risco e Segurança.



De acordo com a Figura 23, dos entrevistados, 87,57% acreditam (parcialmente, muito ou integralmente) que a existência dessa disciplina é fundamental em algum aspecto na formação do futuro engenheiro químico.

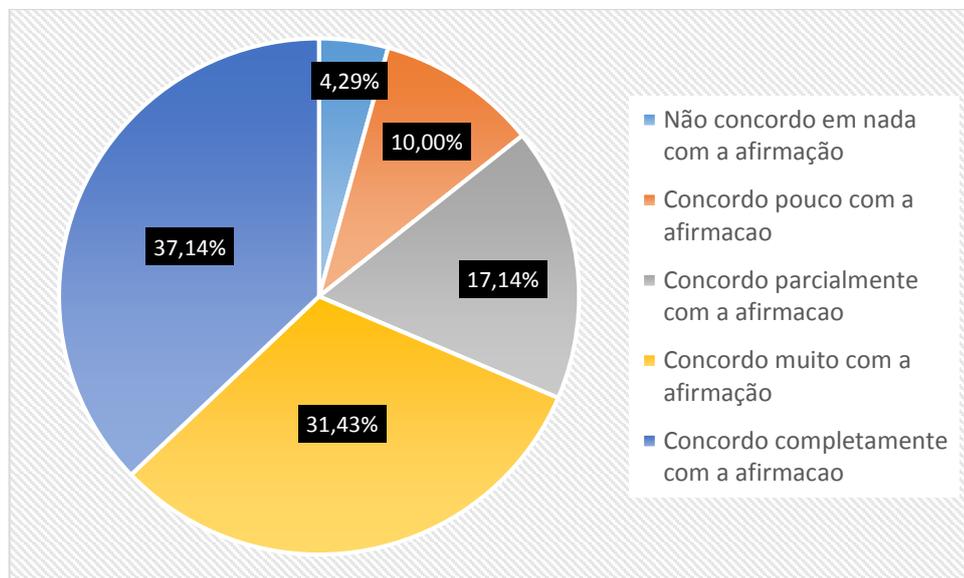
Alguns estudos como o de Shallcross (2014) indicam que alunos têm se mostrado entusiasmados quando um espaço da aula é designado para compartilhar instruções sobre segurança. Então é recomendado que as universidades passem a oferecer uma disciplina específica sobre o assunto ou na impossibilidade da criação da mesma, passem a abordar dentro de disciplinas já pré-existentes tópicos sobre o tema.

É de suma importância então que as universidades se planejem e se estruturem com relação a esse assunto. Pode ser criando uma disciplina própria ou até mesmo dando palestras corriqueiras sobre o assunto.

### 5.7.5 Disciplinas Práticas na Grade Curricular.

Uma das maiores reclamações atualmente no mercado, é que os alunos saem da universidade com um grande embasamento teórico e pouca habilidade em colocar em prática esses conhecimentos. Foi questionado (questão 23) aos especialistas se era necessário introduzir na grade curricular disciplinas que tragam os principais problemas enfrentados no cotidiano de uma indústria, levando o aluno vivenciar os mesmos. A resposta dos entrevistados pode ser observada na Figura 24.

Figura 24 – Necessidade de Disciplinas Problemas Usuais de Indústria.



Na Figura 24 é possível constatar que 85,71% dos especialistas concordam parcialmente, bastante ou plenamente com a necessidade da existência de uma disciplina que discuta os problemas usuais da indústria.

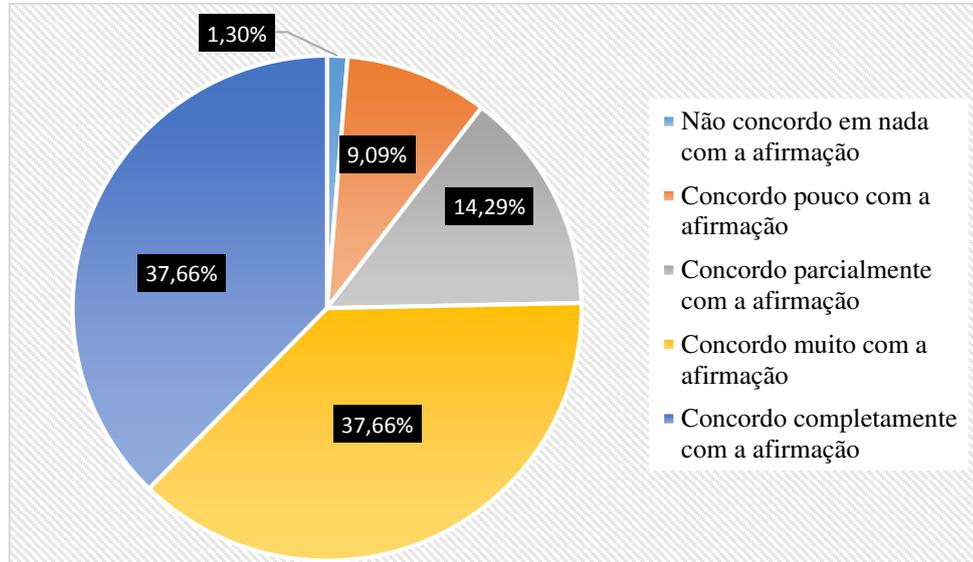
A inclusão de mais disciplinas com problemas práticos é interessante pois proporcionará ao aluno o primeiro contato de como colocar em prática todos os conhecimentos que ele aprende durante a graduação.

## 5.8 Práticas em Engenharia Química

As práticas em engenharia podem acontecer de diversas maneiras: estágios, desenvolvimento de projetos, visitas técnicas, estudo de casos recorrentes nas empresas, entre

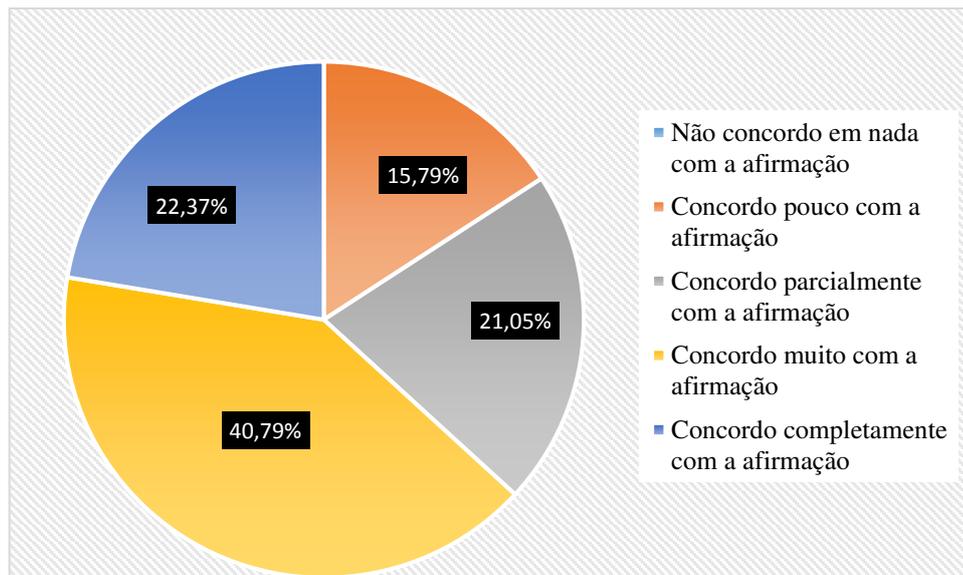
outros. Dentre as possibilidades, E são apresentadas nas Figuras 25, Figura 25, Figura 27 e Figura 28.

Figura 25 –Estágio em Indústrias Químicas.



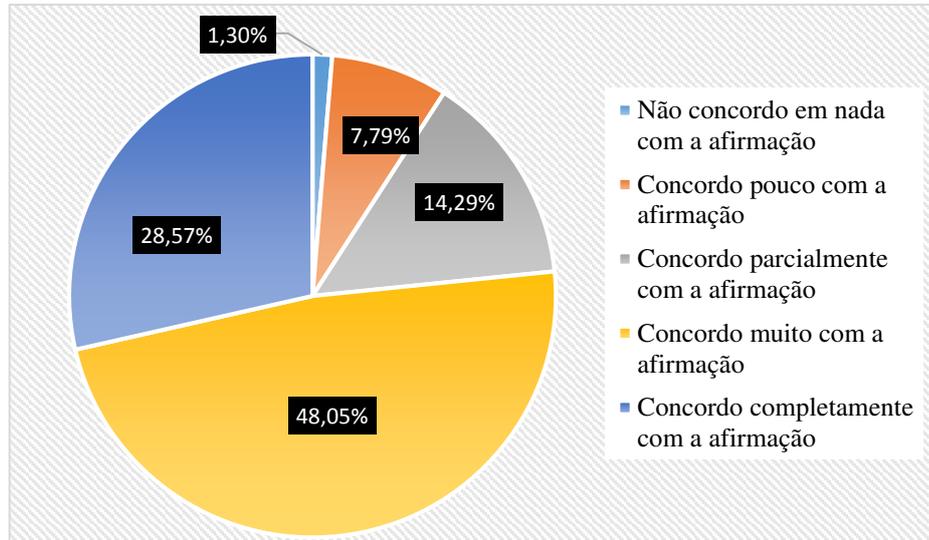
Na Figura 25, a grande maioria dos especialistas (89,61%) concordam muito, plenamente ou parcialmente que estágios indústrias químicas são importantes para ampliar conhecimento da prática da engenharia.

Figura 26 –Estágio Empresas de Projetos Químicos.



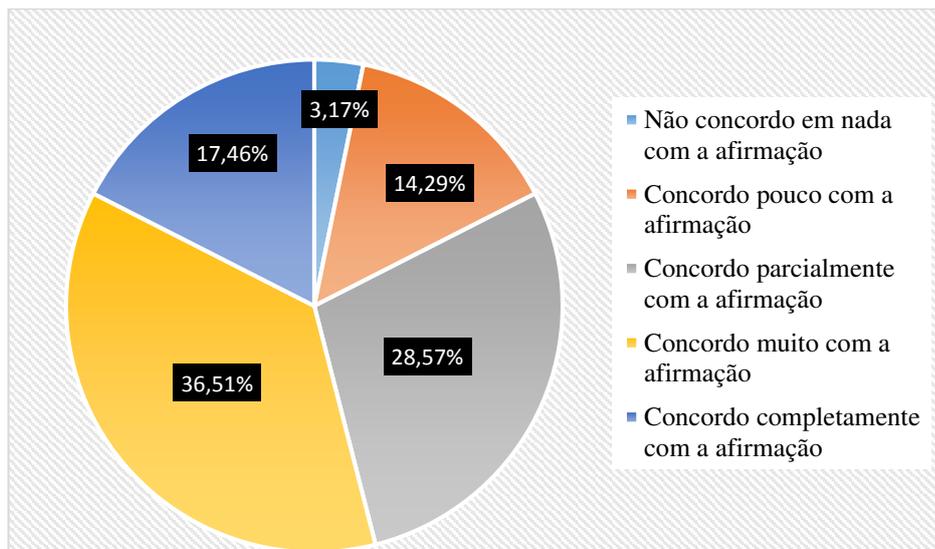
Na Figura 26, a grande maioria dos especialistas (84,21%) concordam muito, plenamente ou parcialmente que estágios em empresas de projetos em engenharia química são importantes para ampliar conhecimento da prática da engenharia.

Figura 27 – Desenvolvimento de Projetos Químicos.



Na Figura 27, a grande maioria dos especialistas (90,91%) concordam muito, plenamente ou parcialmente que desenvolvimento de projetos em engenharia química são importantes para ampliar conhecimento da prática da engenharia.

Figura 28 – Visitas Técnicas.



Na Figura 28, grande parte dos especialistas (82,54%) concordam muito, plenamente ou parcialmente que visitas em indústrias de engenharia química são importantes para ampliar conhecimento da prática da engenharia.

Mesmo que não haja uma preferência visível entre os especialistas de qual seria a melhor técnica para ampliar a prática atualmente na engenharia química, grande parte concorda que as técnicas, entre as citadas, são ótimas para o aprofundamento da prática. É válido destacar que, a prática que os especialistas mais gostam é o estágio, propriamente dito, nas indústrias e a, técnica que eles acreditam que seja menos eficaz, é a visita técnica.

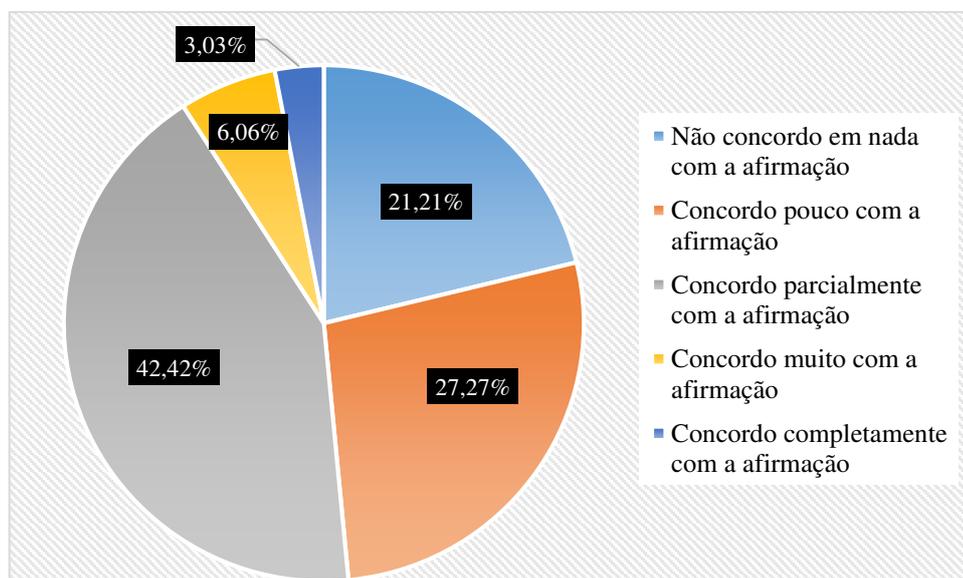
Embora ainda haja uma concordância que visitas técnicas são importantes, os especialistas acreditam que esse tipo de contato com a prática de engenharia seja um recurso para primeiros contatos. Sendo ideal para alunos de primeiro/segundo ano. Também se cita a importância de o professor preparar o aluno previamente para que numa visita técnica ele consiga usufruir e aproveitar ao máximo a experiência.

### 5.9 Avaliação do Aluno

Um dado importante a ser levantado sobre ensino é referente a avaliação, pois é ela que dará indícios ao mestre se o aprendizado do aluno está dentro do esperado ou não. Existem diversas técnicas e possibilidade de avaliar o desenvolvimento do aluno: assiduidade, postura comportamental em sala até mesmo as provas escritas, entre outros.

Foi então questionado aos especialistas (questão 9) quais seriam as melhores técnicas de avaliação de um aluno. As respostas são apresentadas nas Figuras 29, Figura 30, Figura 31, Figura 32 e Figura 33.

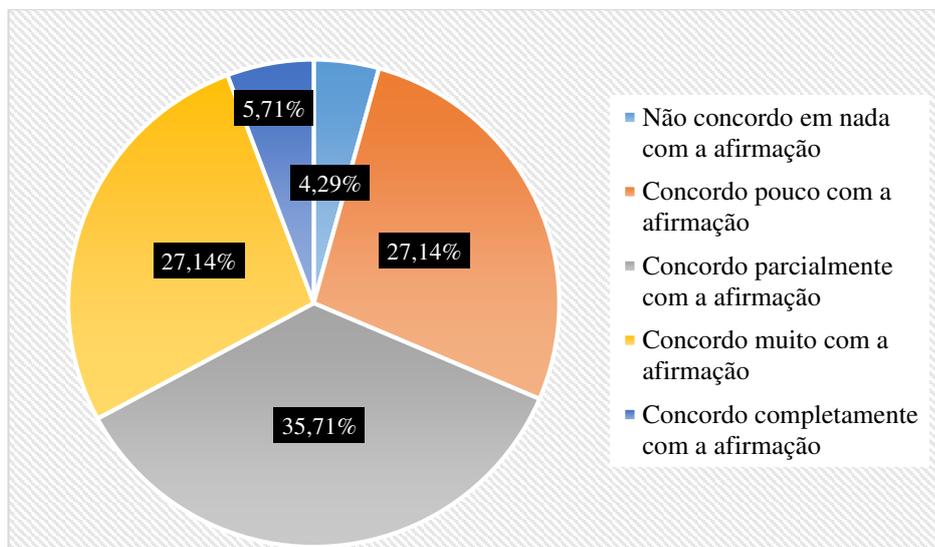
Figura 29 – Avaliação Eletrônica (exemplo: Uso de Clickers).



Pela Figura 29, percebe-se que os especialistas ainda não se sentem confortáveis e/ou não acham adequado o uso de dispositivos eletrônicos na avaliação dos alunos. A grande maioria (90,90%) acredita que esse método é pouco eficaz e não necessariamente traria o resultado que se espera em uma avaliação. Dessa maneira, não é recomendável o uso de meios eletrônicos em avaliações.

Avaliações orais e eletrônicas deixam os especialistas desconfortáveis, mas eles não repelem totalmente a ideia de abordar o método. É válido mencionar que a utilização de dispositivos eletrônicos em sala de aula ainda é pouco usual, e estudos como Bergtrom (2006), Bullock *et al* (2002), Simpson & Oliver (2007) entre outros apontam o enriquecimento do aprendizado em sala de aula quando se é utilizado esse recurso, ou pelos os professores quanto para o interesse dos alunos, como é mostrado em Beekes, (2006), Conoley *et al* (2006), Ducan (2006), Stuart *et al* (2004), Greer e Heaney (2004), Hoffman e Goodwin (2006), Buil *et al* (2016), Lantz & Stawiski (2013).

Figura 30 – Avaliação Oral.

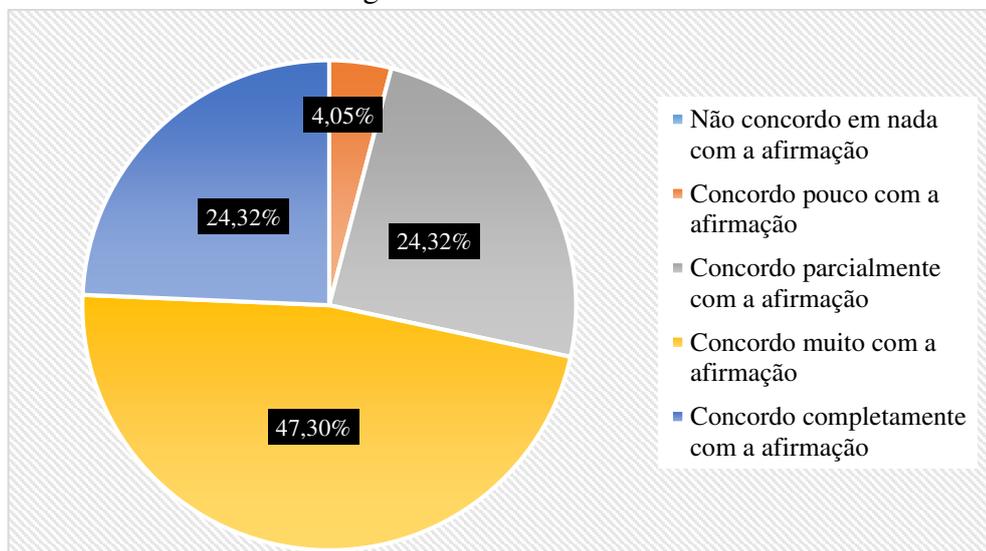


Embora a avaliação oral seja uma forma eficaz de verificar se os alunos estão compreendendo a matéria, segundo os especialistas, (Figura 30), essa forma de avaliação também não é muito recomendada. Dentre os entrevistados, 67,14% concorda parcialmente ou quase nada com esse tipo de avaliação. Os especialistas alegam que fatores externos podem acabar gerando interferências nesse tipo de avaliação e, por isso ele não é recomendado. Entre os fatores externos pode-se citar: nervosismo do aluno diante o professor, a duração da prova

oral pode interferir no processo de avaliação e, o autoritarismo de quem conduz a prova pode levar o aluno ao erro.

Como mostra a Figura 31 a prova escrita ainda é um excelente método de avaliação entre os alunos, e continuará sendo o principal pilar de teste para saber se o desempenho está sendo satisfatório. Dentre as opiniões recolhidas, 71,62% concordam muito ou integralmente, que provas escritas deveriam ser usadas como método de verificação de conhecimento dos alunos. Além disso as provas escritas permitem ao aluno exercer a capacidade de expressão. Nesse processo existe menor probabilidade de acerto casual e requer pouco tempo para elaboração.

Figura 31– Prova Escrita.



Nas Figuras 32 e Figura 33 tem-se a opinião dos especialistas sobre a eficácia dos trabalhos, em grupos e individuais, como forma de avaliação dos alunos. Embora, em ambas situações, os respondentes vejam de maneira positiva esse recurso, eles ainda acreditam que trabalhos individuais trazem um retorno melhor na avaliação. Salienta-se que os trabalhos em grupo são importantes para que o aluno desenvolva a capacidade de trabalhar em equipe. Portanto ele não pode deixar de ser usado, embora não deva ser o método único de parâmetro para avaliação. Conclui-se que trabalhos recomendados para avaliação de um aluno em sala de aula apenas como ferramenta auxiliar de verificação.

Na Figura 32, grande parte dos especialistas (85,91%) concorda plenamente, muito ou parcialmente que trabalhos em grupos devam ser utilizados para avaliar o aluno. Trabalhos em grupos são ótimos para desenvolver a capacidade de trabalhar em equipe, de fluência em argumentação e para lidar com adversidades de ideias.

Figura 32 – Trabalhos em Grupo.

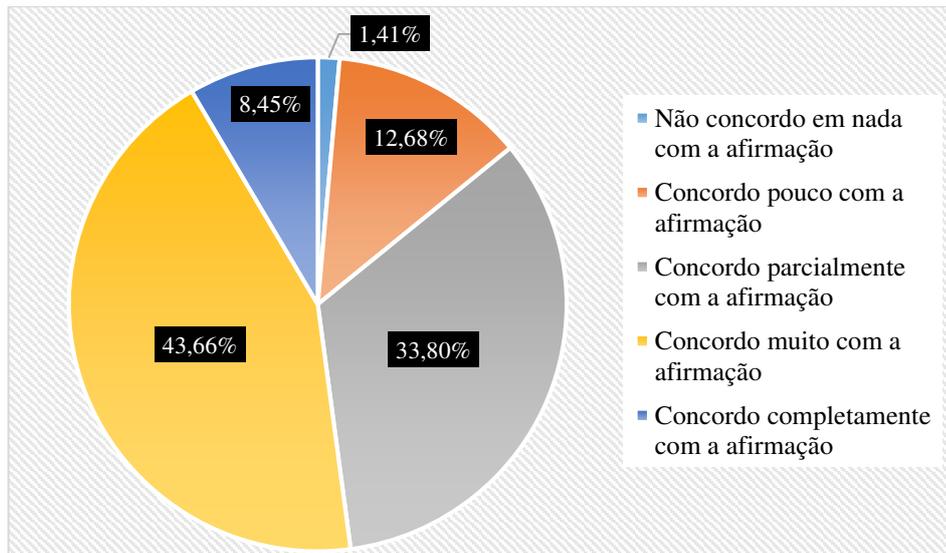
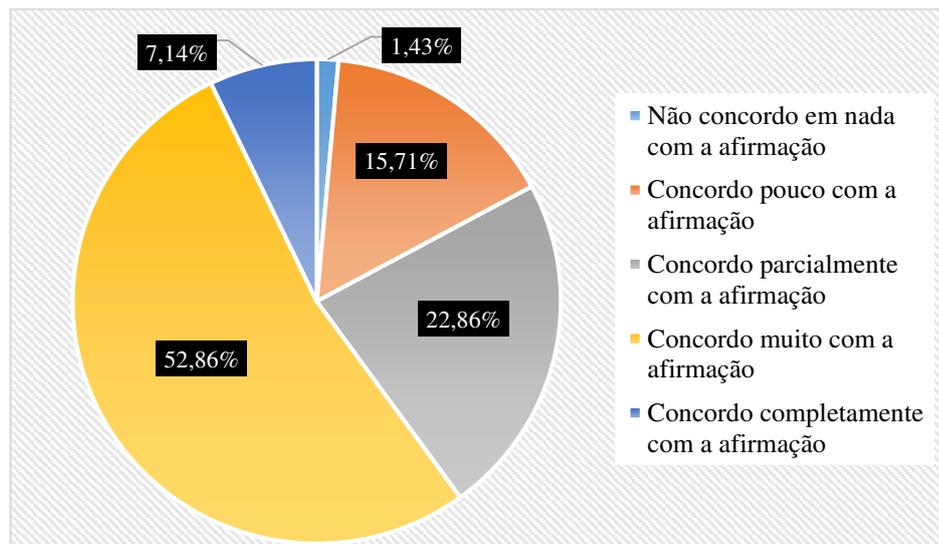


Figura 33– Trabalhos Individuais.



Na Figura 33, a maioria dos especialistas (82,86%) concordam, plenamente, muito ou parcialmente que trabalhos individuais devam ser utilizados para avaliar o aluno. Trabalhos individuais são interessantes pois eles eliminam a pressão que uma prova escrita põe, além disso, eles forçam o aluno a desenvolver algumas habilidades como cumprir prazos, elaborar relatórios, entre outros aspectos fundamentais para a formação um bom profissional.

Através dos dados colhidos nessa pergunta pode-se concluir que uma combinação de provas, trabalhos individuais e trabalhos em grupo seria o método ideal e mais eficaz para avaliar o aluno.

### 5.10 Formação do Professor

A formação do professor também é de suma importância no processo de graduação do futuro engenheiro químico. Foi questionado (questão 10) aos especialistas qual deveria ser o grau de experiência dos profissionais que se dedicam ao ensino da Engenharia Química. A Figura 34, Figura 35 e Figura 36 trazem a opinião dos entrevistados sobre qual seria a melhor formação deles dos professores.

Figura 34 – Ter Vivência Somente em pesquisas acadêmicas.

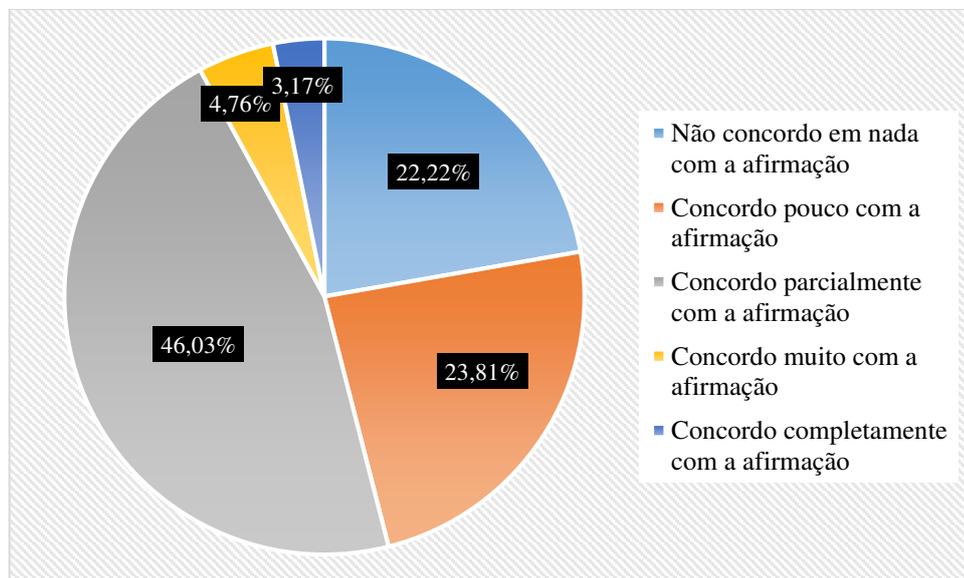


Figura 35 – Ter Vivência apenas em Indústrias.

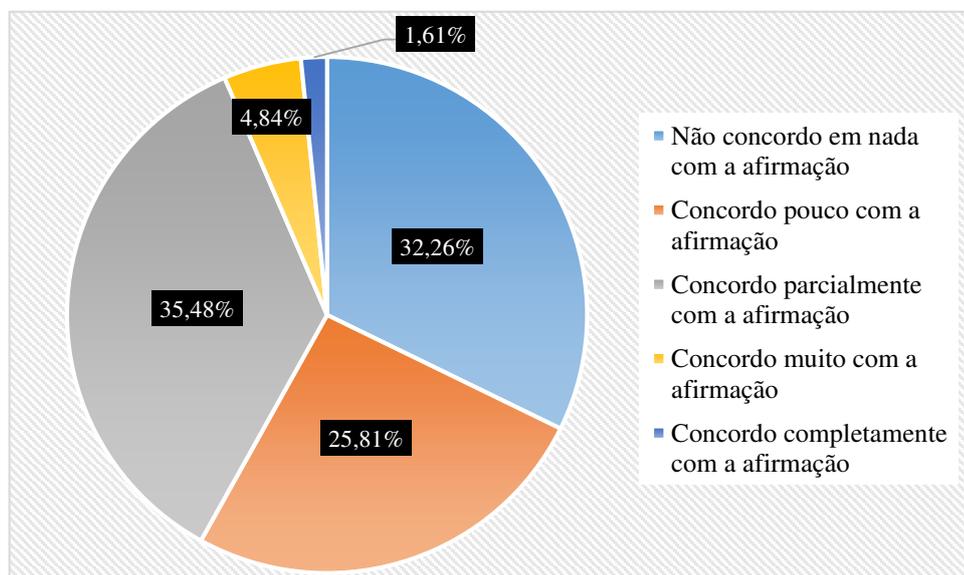
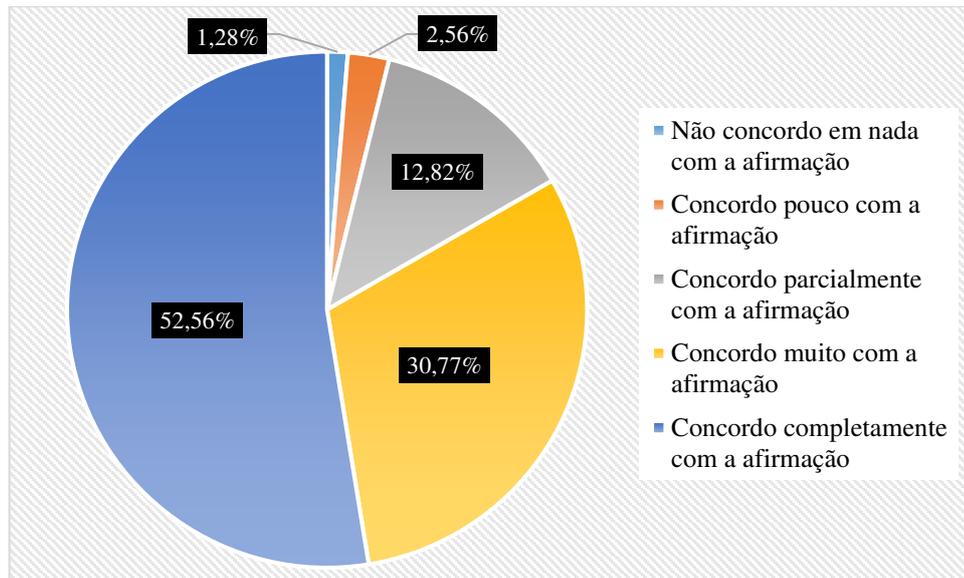


Figura 36 – Ter Experiência tanto em Indústrias quanto em Pesquisas.



Pode-se notar que existe um consenso (83,33%) dos especialistas que a experiência ideal que o profissional do ensino é ter vivência tanto na Indústria quanto no mundo acadêmico.

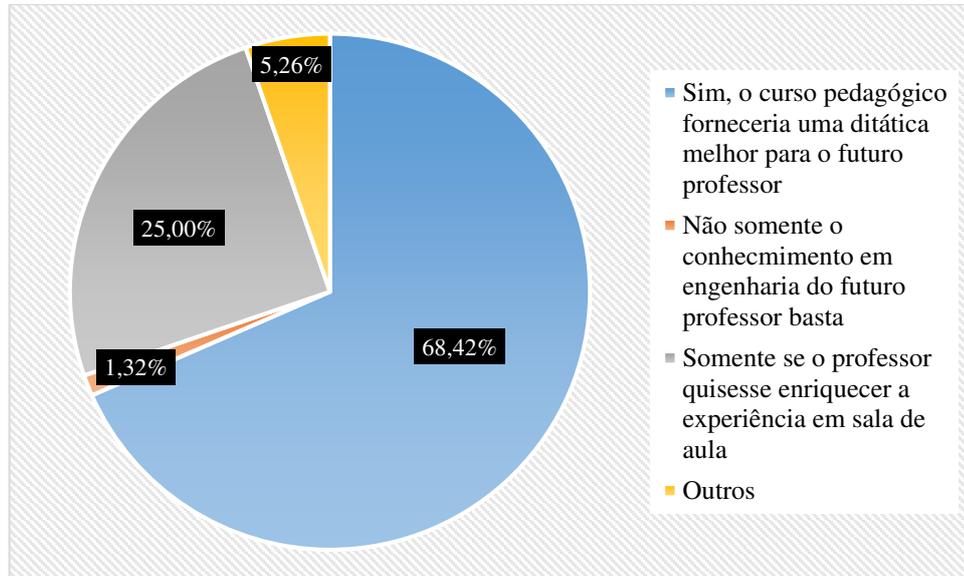
Questionado sobre apenas uma das experiências individualmente, nota-se que os entrevistados ficam pouco à vontade em afirmar que somente uma experiência é válida. Para experiência meramente acadêmica somente 7,93% se mostraram favoráveis enquanto que para experiência puramente industrial só 3,84% foram favoráveis.

Esse resultado também é previsível, pois a vivência do professor em ambas as áreas traz um enriquecimento dos seus conhecimentos, tendo mais experiência e, portanto, podendo expor com mais clareza o panorama da futura profissão ao aluno.

#### 5.10.1 Conhecimento Pedagógico

Ainda sobre a formação do professor, perguntou-se (questão 11) se havia a necessidade de os professores fazerem um curso de pedagogia antes de iniciar as atividades como docente. O resultado é apresentado na Figura 37. Essa pergunta é oriunda de uma reclamação muito frequente entre os alunos: a falta de preparo didático por grande dos professores faz com que os alunos acabem se desestimulando e dispersando durante a aula mais facilmente, podendo assim, prejudicar o aprendizado.

Figura 37– Importância do Curso Pedagógico na Formação dos Professores.



A Figura 37 indica que 68,42% dos entrevistados tem a preocupação de que, na formação do professor, exista uma instrução pedagógica para que melhorar o desempenho de suas atividades em sala de aula.

Apesar de atualmente as provas de seleção de professores serem baseada em provas escritas e didáticas, diante dos resultados apresentados na Figura 38, recomenda-se aos professores aprimorarem-se com cursos pedagógicos, que possam agregar e, enriquecer eficácia em seu trabalho, além do que teriam como retorno maior satisfação e estímulo do aluno durante o aprendizado.

Muitos estudos têm sido feitos a respeito do ensino de pedagogia para professores em ambientes acadêmicos. Rivas *et al* (2007), Baqueiro (2007), Ramalho (2006), Gatti (2004), Giroux (1998), Charlot (2005) e Zeichener (2000) são alguns exemplos.

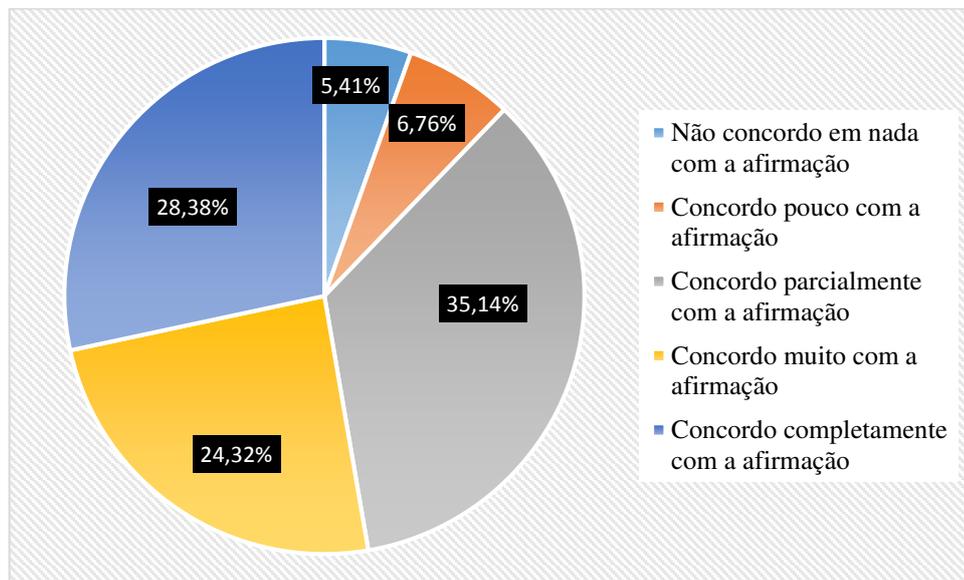
Como aponta Ramalho (2006) o exercício da profissão docente requer uma sólida formação, não apenas nos conteúdos científicos próprios da disciplina, como também nos aspectos correspondentes a sua didática, ao encaminhamento das diversas variáveis que caracterizam a docência, sua preparação e constante atualização.

Segundo Pimenta (2002), ser professor universitário supõe o domínio de seu campo específico de conhecimentos, mas se faz necessário os saberes pedagógicos e didáticos, para que assim possam lecionar com maior efetividade.

### 5.10.2 Professores Ligados a Indústria

Levando-se em conta que a experiência de um profissional da indústria pode agregar conhecimento no processo de ensino, foi questionado (questão 12) se engenheiros químicos de empresas de projetos e/ou indústrias químicas deveriam ser contratados, em tempo parcial pelas universidades. O resultado é apresentado na Figura 38.

Figura 38 – Contratação de profissionais da Indústria como Professores em Tempo Parcial.



Embora haja um consenso que os professores devam ter vivência fora da academia, como visto anteriormente no tópico 5.10, dos entrevistados, pouco mais da metade (52,70%) acreditam, plenamente ou muito, que deveria existir profissionais de indústria lecionando em tempo parcial nas universidades.

Existe uma parcela (35,14%) que concorda parcialmente com essa ideia e que pensariam a respeito, mas ainda tem ressalvas sobre o assunto.

Quando questionado o porquê desse resultado, os especialistas acreditam que o profissional não deveria exercer duas atividades ao mesmo tempo. Para os especialistas, ou a dedicação é voltada para o ensino, ou para as outras atividades da engenharia química. Dessa maneira o foco do especialista seria maior e mais proveitoso.

Alguns especialistas citam que essa contratação deveria ocorrer somente em casos excepcionais, pois, muitos profissionais das indústrias não são bem preparados para ministrarem aulas, embora, segundo eles, a visão de profissionais que tenham percepção do “mundo real” seja válida.

O processo de ser professor é algo que requer prática e experiência, então esse tipo de contratação poderia ser um problema ao invés de uma solução.

Outros fatores podem ser levantados para se discutir esse cenário. Como o fato que realidades em países desenvolvidos é diferente da realidade encontrada em países emergentes, podendo interferir na característica do quadro de docentes da universidade.

Muitas universidades, principalmente as de ponta como as americanas e europeias, possuem em sua estrutura cursos extracurriculares (*Capstone Courses*) que auxiliam o aluno no planejamento acadêmico e até mesmo em seu futuro profissional. E nesses cursos, entre outras atividades, existem diversas palestras, muitas vezes com pessoas de indústria, para trazer ao aluno a realidade extraclasse. Então uma sugestão é manter esse elo de ligação entre academia e indústria através de palestras ou minicursos com profissionais da indústria.

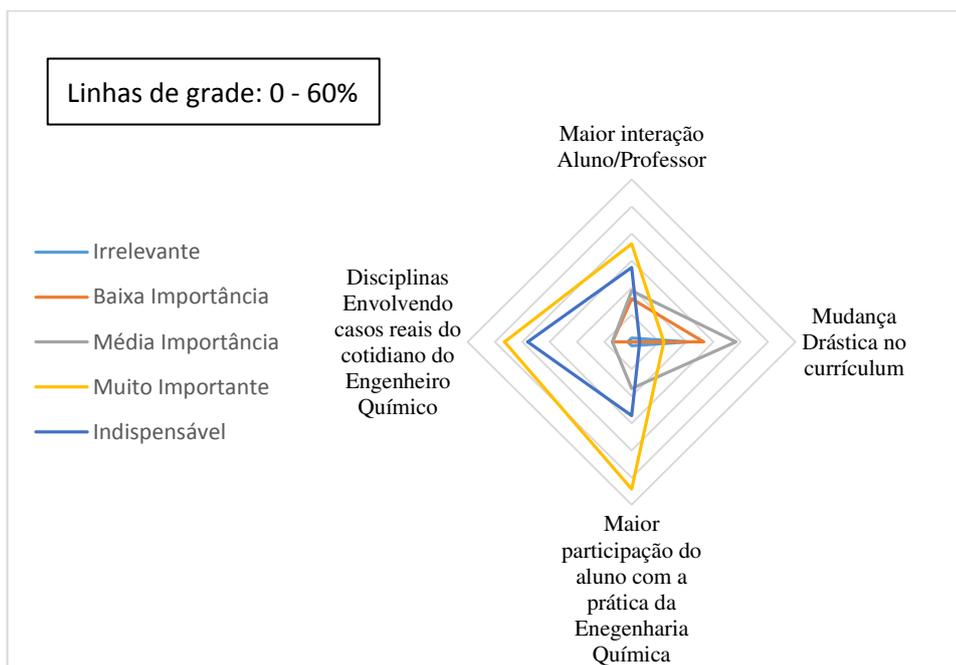
### 5.11 Mudanças Necessárias na Estrutura do Curso

Questionou-se aos especialistas (questão 15) que mudanças na estrutura do curso, seriam adequadas para melhorar a formação do engenheiro químico. Foram citados quatro tipos de cenários para os especialistas analisarem: maior interação Aluno/Professor (63,77% das opiniões favoráveis), mudança drástica no currículo (14,71% das opiniões favoráveis), maior participação do aluno com práticas da engenharia (81,43% das opiniões favoráveis) e criação de disciplinas envolvendo casos reais ocorridos no cotidiano de indústrias e empresas de projetos (84,51% das opiniões favoráveis).

De todas as mudanças listadas na questão, a única descartada pelos especialistas foi a mudança drástica no currículo. Muitos especialistas assumem que a engenharia como é ensinada hoje **é satisfatória**, não precisando de mudanças tão radicais, ou seja, seriam necessários apenas pequenos ajustes na grade curricular e toda e qualquer mudança deveria acompanhar as tendências da sociedade e do desenvolvimento tecnológico.

A opinião dos especialistas, sobre esse questionamento, é mostrada na Figura 39.

Figura 39 – Mudanças que Deveriam Ocorrer na Estrutura da Grade Curricular.



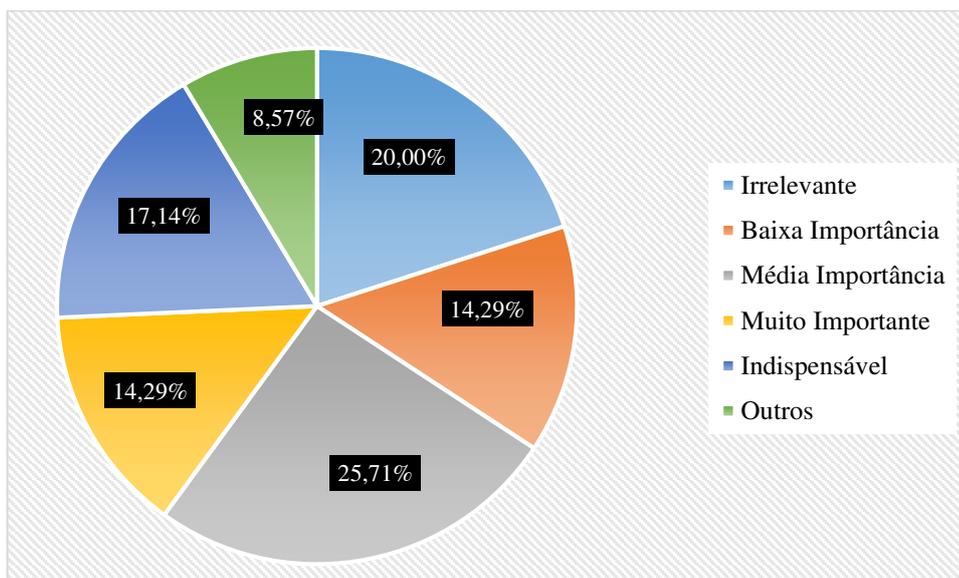
A principal preocupação dos especialistas hoje é que os alunos tenham maior contato com Estudos de Casos que acontecem diariamente nas indústrias ou em empresas de projeto químico. Outro assunto de interesse para possíveis mudanças na grade, são as práticas de engenharia química, onde o aluno teria mais espaço para praticar a engenharia.

## 5.12 Especialização

A área de atuação do engenheiro químico é extremamente ampla, podendo atuar em diversas áreas do mercado, tais como: saúde, biotecnologia, farmacêutica, entre diversas outras áreas. Foi então perguntado (questão 18) se seria oportuno as faculdades oferecerem aos alunos cursos de aperfeiçoamento nas áreas de desejo do aluno.

Por meio da Figura 40 pode-se concluir, que os especialistas de maneira geral, acham que a criação desse semestre de especialização seria de média, baixa, ou nenhuma importância (68,57%). Quando questionados “os porquês”, muitos citaram a importância da flexibilidade profissional do engenheiro químico e que um semestre de especialização, conforme proposto, só seria válido, se o aluno tivesse uma oferta concreta de trabalho na área. Citou-se ainda que esses tipos de especializações podem ser adquiridos por cursos de extensão ou até mesmo através do mestrado e doutorado, portanto não haveria necessidade de fazer esse aprofundamento de conhecimento, ainda na graduação.

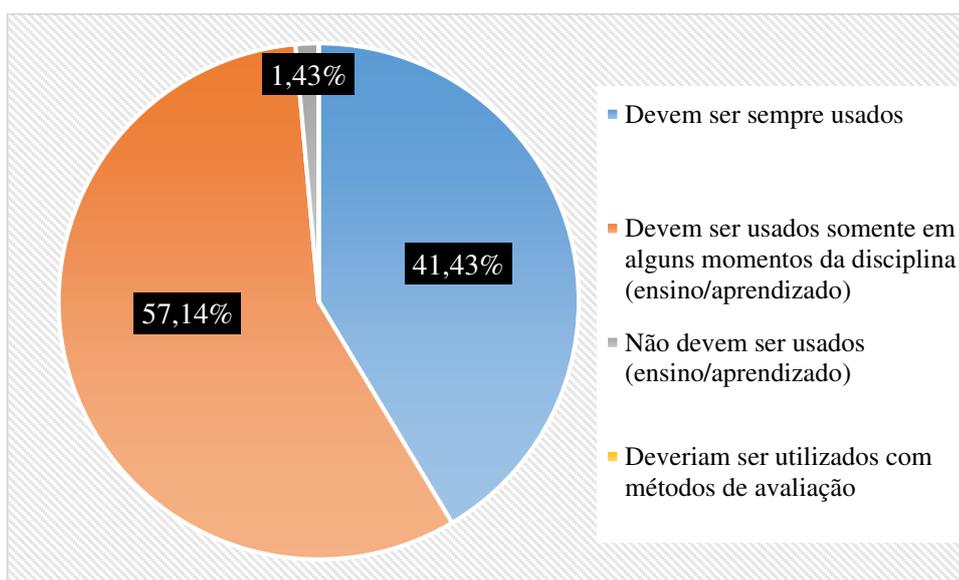
Figura 40 – Gráfico sobre o interesse da criação de um semestre de especialização.



### 5.13 Uso de Dispositivos Eletrônicos em Sala de Aula

Com a era computacional em vigor, muito se facilitou o acesso e confecção de materiais para a utilização e auxílio em sala de aula. Clickers, PowerPoint, Datashow, entre outros. São ferramentas importantes para o professor em sala de aula. Então questionou-se (questão 19) como deveria ser a utilização desses recursos. Na Figura 41, tem-se a opinião dos especialistas sobre o uso dos dispositivos eletrônicos.

Figura 41 – Uso dos Dispositivos Eletrônicos em Sala de Aula.

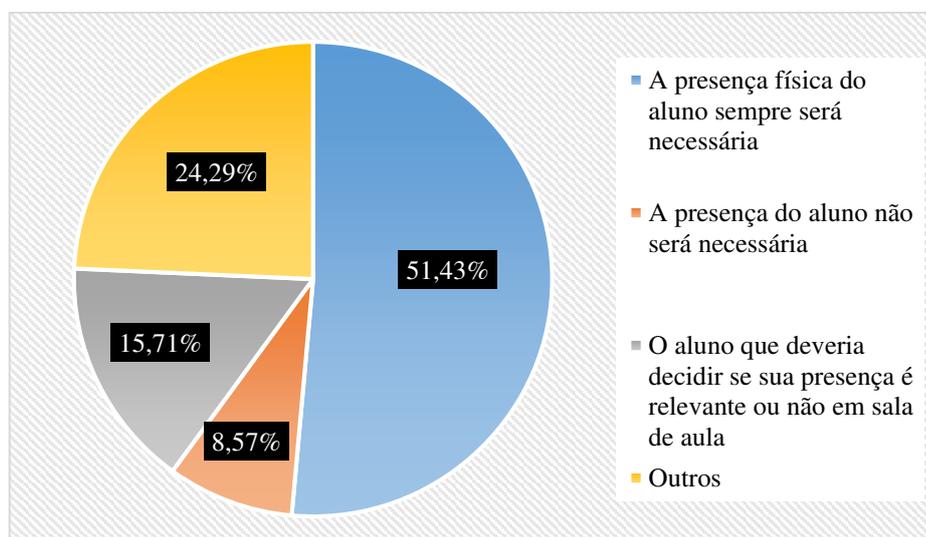


A Figura 41, mostra que apesar dos professores reconhecerem a importância desses dispositivos, eles ainda acham (57,14%) que esses recursos só precisam ser utilizados durante uma parte do aprendizado. Além disso, os especialistas acreditam, como visto anteriormente (no tópico 5.9), que não é válido utilizar-se desses meios como recurso para avaliação do aluno, sendo, portanto, que os recursos deverão continuar sendo utilizados apenas como ferramenta auxiliar. Alguns estudos (como Santoro *et al*, 2018) mostram que o uso de dispositivos em sala de aula tem apresentado um bom desempenho, sendo uma ótima ferramenta para o professor descobrir se o aluno compreendeu a matéria ou não e, podendo assim focar mais detalhadamente em certos assuntos, para garantir o bom aprendizado do aluno.

### 5.13.1 Teleconferências

Ainda sobre os recursos eletrônico que o avanço computacional proporcionou, questionou-se sobre questionado o uso de teleconferência como recurso no ensino. Perguntou-se (questão 21) se num futuro próximo, o aluno poderia ser dispensado de estar presente fisicamente em sala de aula integralmente. O resultado obtido é apresentado na Figura 42.

Figura 42 – Presença do Aluno em Sala de Aula.



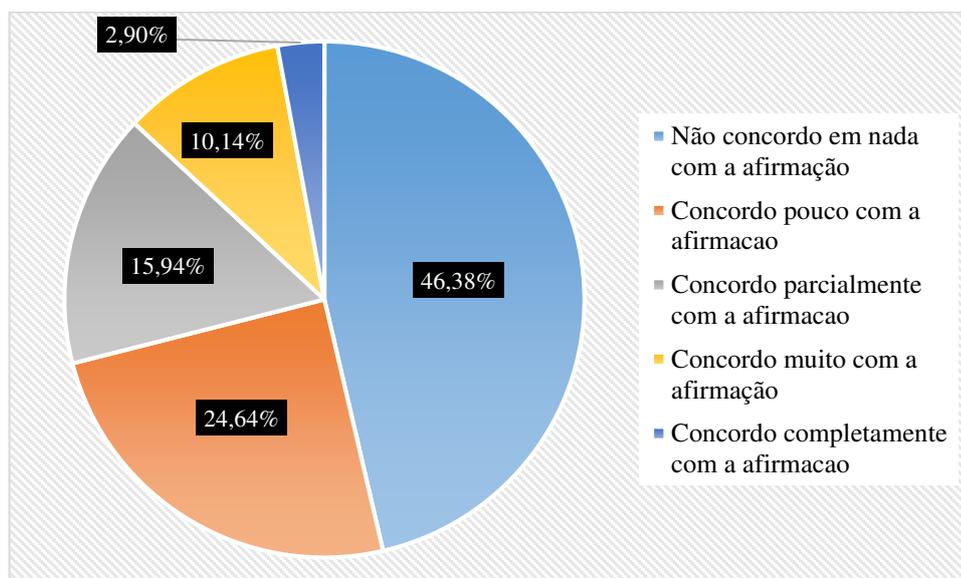
A maioria dos entrevistados (51,43%) acredita que o uso de teleconferências poderá ser adotado eventualmente, mas a presença do aluno continuará sendo indispensável. Muitos acreditam que o EAD (educação a distância) terá um crescimento considerável nessas próximas décadas, mas por hora o EAD não conseguirá substituir totalmente os momentos presenciais, mantendo a relação professor/aluno.

A justificativa desse cenário, segundo os especialistas é, que a interação com o professor, é vital no processo de aprendizado. Outro fato que também está sendo levado em consideração para essa conclusão é que o aspecto social, de que a presença em sala de aula oferece importante contribuição para o aprendizado.

### 5.14 Formação Diferenciada

Foi perguntado aos especialistas (questão 24) se os alunos que desejassem seguir a carreira acadêmica deveriam ter uma formação diferenciada dos que gostariam de seguir na carreira de indústria. A resposta obtida é apresentada na Figura 43.

Figura 43 – Formação diferenciada.



A Figura 43, mostra que 71,02% os especialistas discordam completamente ou concordam pouco com o questionamento de que exista formação diferenciada entre alunos que queiram seguir vertentes diferentes em sua carreira. Segundo os especialistas, a especialização limitaria a flexibilidade de oportunidades que o curso oferece hoje em dia. Além disso o profissional que é formado atualmente tem plena capacidade de exercer com perfeição os dois cargos, não necessitando assim uma diferenciação. Dessa maneira o aluno que desejar seguir carreira acadêmica prosseguirá seus estudos com as especializações e pós.

## 5.15 Especulações Futuras

Nessa sessão foram feitas algumas perguntas especulativas. Qual será o “Norte” que guiará os rumos da engenharia química nos próximos anos? Foram feitas perguntas como: quais áreas serão importantes? O curso deixará de existir da forma como ele é conhecido? O que poderá acontecer com o futuro do ensino? Seria possível a formação de um curso somente de Engenharia Eletroquímica? Todos os dados serão apresentados nos próximos tópicos.

### 5.15.1 Enfoque da Engenharia Química no Século XXI

O grande enfoque da engenharia química no século XX foi baseado nas premissas da física e da química. Porém a revolução genética abriu um leque de opções bastante amplo para o campo da engenharia química. Devido a isso, esta pesquisa procurou investigar quais, entre onze campos possíveis (questão 22), a engenharia química poderia se destacar no século XXI.

As onze categorias foram divididas em dois grupos: as áreas que os especialistas consideram que serão de grande destaque (Figura 44), e as áreas que os especialistas julgam que não terá tanto interesse (Figura 45).

Figura 44 – Áreas que terão grande enfoque no século XXI.

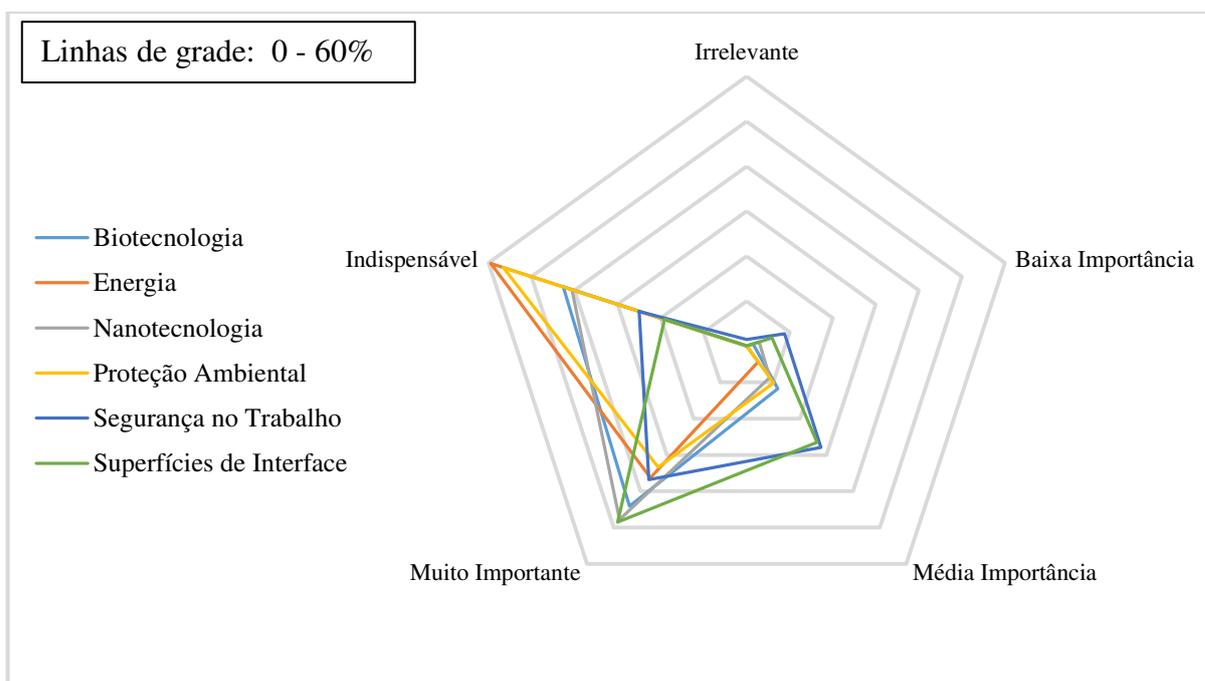
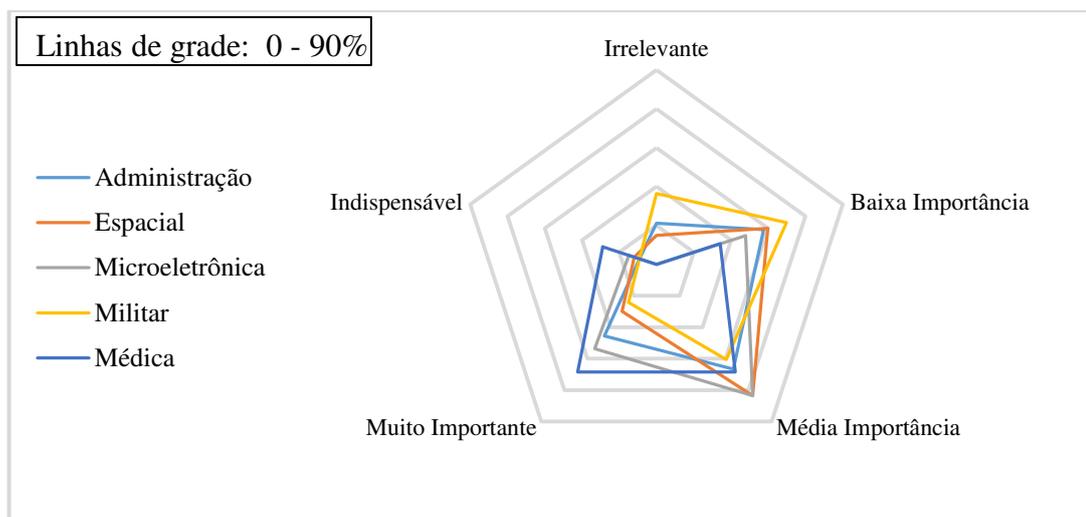


Figura 45 – Áreas que terão médio ou baixo enfoque no século XXI.



Conforme mostra a Figura 44, as áreas de grande interesse apontadas pelos especialistas, dentre as citadas, como o grande enfoque da Engenharia Química no século XXI serão:

- Energia (95,65% das opiniões favoráveis);
- Proteção Ambiental (89,86% das opiniões favoráveis);
- Nanotecnologia (88,41% das opiniões favoráveis);
- Biotecnologia (86,76% das opiniões favoráveis);
- Superfícies de Interface (67,65% das opiniões favoráveis);
- Segurança no Trabalho (61,76% das opiniões favoráveis).

Já as áreas que terão média importância ou pouca relevância se encontram na Figura 45.

- Médica (48,68% das opiniões favoráveis);
- Microeletrônica (34,33% das opiniões favoráveis);
- Administração (27,27% das opiniões favoráveis);
- Espacial (20,90% das opiniões favoráveis);
- Militar (16,67% das opiniões favoráveis).

É importante ressaltar que apenas onze áreas foram citadas, muitas áreas não citadas, como purificação da água e hidrólise do hidrogênio, entre outras também serão importantes. É necessário, então, que exista sempre uma atenção especial para os principais assuntos que são discutidos em congressos e *papers*.

Nos gráficos das Figuras 44 e Figura 45, cada linha de grade representa 10% e cada cor, a relevância. Então o ponto indicará a relevância da área apontada. Quanto mais distante do

centro for o ponto daquela área citada, é onde se encontra a maioria das opiniões dos especialistas sobre tal área.

Dentre as áreas que serão menos importantes, a médica é a área que se encontra com maior relevância (48,68% das opiniões favoráveis), indicando que o interesse que, existe nela, continuará como é conhecido atualmente.

O projeto genoma, apresentado no início da primeira década do século XXI fez com que a área biológica ganhasse grande enfoque, uma gama de possibilidades, estudos, tecnologias poderão ser elaboradas com o sequenciamento genético. Devido a isso, áreas como biotecnologia e médica ganham considerável interesse do engenheiro químico.

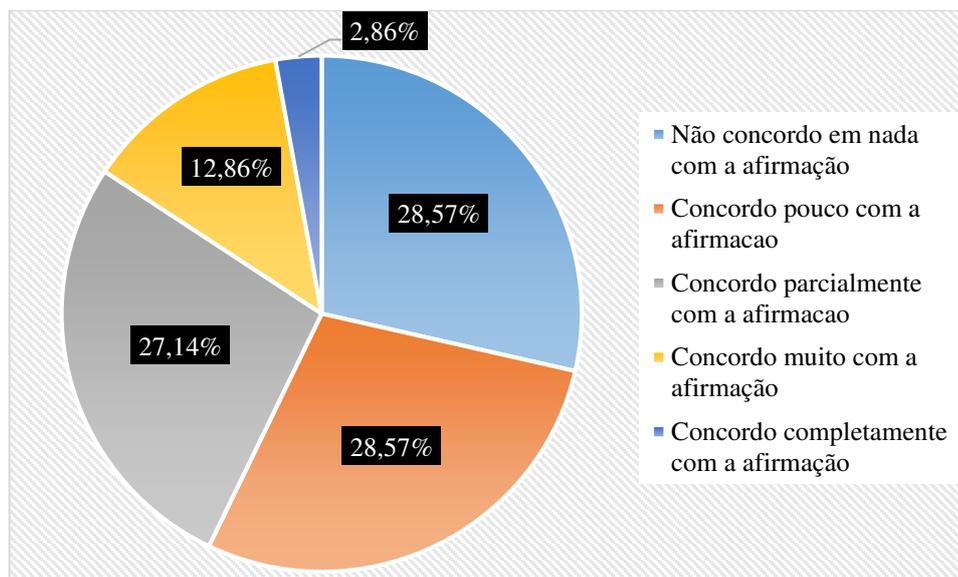
É justificável que o grande enfoque da engenharia química seja a área energética. Cada dia mais pesquisas são feitas acerca desse assunto. A preocupação com o esgotamento das fontes de combustível fóssil tem impulsionado esse tipo de pesquisa. Cada vez mais é investido capital em busca de novas fontes de energia, sobretudo energias que sejam renováveis (como as pilhas a combustível). Ademais a grande despreocupação com o ambiente no decorrer do século XX causou grandes transtornos ambientais, devido a isso uma política de conscientização sobre o ambiente tem sido instaurada ao longo dos anos, Área de proteção ambiental ganha força como foco de interesse.

#### *5.15.2 Continuidade do curso*

A engenharia química passou por algumas transformações até chegar nos moldes como é conhecida atualmente. Um de seus grandes embasamentos atuais é dado pela área de combustíveis fósseis, sendo que muitos especialistas no assunto, já apontam o possível esgotamento dessas fontes, o que provocaria, então, uma mudança bastante significativa na forma como ela é conhecida hoje. Posto esse cenário perguntou-se (questão 25) aos entrevistados, se num futuro de 30-50 anos a engenharia química deixaria de existir como é conhecida hoje. A impressão dos especialistas é apresentada na Figura 47.

No gráfico da Figura 46 pode-se dizer que 84,28% dos especialistas concordam pouco ou quase nada que a engenharia química será diferente de como é conhecida atualmente. Isso significa que o curso já está bastante solidificado e independentemente da existência ou não de combustíveis fósseis.

Figura 46 – Mudanças na engenharia química como é conhecida atualmente.



### 5.15.3 Impressões dos Especialistas sobre o Futuro do Ensino na EQ

Foi questionado (questão 26) aos especialistas o que ocorreria com o curso de Engenharia Química nos próximos 30-50 anos. Quais mudanças poderiam surgir e se ele seria bastante diferente do que conhecemos atualmente.

Segundo os especialistas, nos próximos anos, o ensino da Engenharia Química sofrerá algumas modificações devido ao avanço dos conhecimentos da Biologia. Porém, a curto prazo (30 anos) pouco mudará a grade curricular. Em contrapartida passará a ter, cada vez mais, recursos tecnológicos que facilitarão cada vez mais o acesso ao ensino.

Acredita-se também, que devido ao grande avanço tecnológico haverá uma intensa modernização do ensino não somente da Engenharia Química, mas também de toda a estrutura da universidade como um todo. Recursos eletrônicos ou os *gadgets*, como celulares, smartphones, leitores de digitais, entre outros, serão cada vez mais adotados no ensino para melhorar a dinâmica em sala de aula.

As disciplinas que compõem o “core” do curso continuarão a ser ensinadas. A tendência é que os cursos se fortaleçam mais em áreas de interface com outros cursos, como materiais, biotecnologia, física, medicina, administração. O curso se voltará para disciplinas que focam nos problemas ambientais. Haverá a introdução de desenvolvimento de projetos e atividades acadêmicas fora da sala de aula, maior uso de ferramentas tecnológicas, adição de disciplinas como empreendedorismo, inovação, gestão de pessoas e recursos, entre outros.

#### *5.15.4 Esgotamento de Combustíveis Fósseis e Novas Áreas de Pesquisa*

Muito se discute o que acontecerá com o mundo quando as fontes de combustíveis fósseis se tornarem poucas ou inexistentes. Diversos setores da sociedade serão afetados e terão, assim, que se adaptar à nova realidade. Atualmente, é de grande interesse da comunidade alternativas, que viabilizem socialmente a substituição do uso do combustível fóssil. Esse questionamento é apenas para interesse geral. São meras especulações de como a engenharia química encararia alguns temas caso ocorra o esgotamento petrolífero. Como cada setor, de interesse da EQ, se comportaria, e levaria, posteriormente, a discussões que poderiam interferir num planejamento curricular futuro.

##### 5.15.4.1 Células Fotovoltaicas

As células fotovoltaicas são nada mais do que um dispositivo elétrico que converte a energia oriunda da luz do Sol em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. Elas já possuem uma tecnologia bem definida, com uma produção em níveis globais e com preço acessível ao público comum.

Figura 47 – Célula Fotovoltaica.



(Fonte: Portal Solar – acessado em 2017)

Para os especialistas, com o esgotamento das fontes de combustíveis fósseis, essa área terá um aumento de interesse significativo, e disciplinas relativas a ela serão incorporadas no sistema de maneira eletiva ou de maneira obrigatória. Além disso, os mecanismos das reações de superfície terão alta prioridade por ser uma matriz energética alternativa.

Os especialistas afirmam que, independente do esgotamento ou não, é uma área muito atrativa, que deveria ser incentivado o estudo. E as universidades, que ainda não oferecem essa disciplina deveriam oferecer como disciplina eletiva.

#### 5.15.4.2 Corrosão

A corrosão é o desgaste de qualquer material, em função do ambiente do qual ele está inserido, podendo ser por meio químico ou eletroquímico.

Figura 48 – Estátua da Liberdade. \*



(Fonte: NYC GO, acessado em 2017)

(\*a cor esverdeada é em função da corrosão com a atmosfera)

Devido a corrosão a área de superfícies de contato com o meio agressivo é amplamente estudada, para que assim se possa encontrar meios de minimizar os danos e as perdas por causa do desgaste do material. É uma disciplina bastante presente no ensino das universidades.

Os especialistas acreditam que com o esgotamento dos combustíveis fósseis pouco mudará a intensidade de interesse nessa área, ou seja, continuará sendo de extrema importância para os estudos e pesquisas, mas, porém, sem aumento de interesse na área.

#### 5.15.4.3 Energia Alternativa

A busca por fontes de energia alternativa tem crescido significativamente, sobretudo ao longo do século XXI. A preocupação ambiental e, com o possível esgotamento de combustíveis fósseis, tem incentivado cada vez mais pesquisas no setor, pois essas são energias ditas como “limpas”, que emitem baixas taxas e poluição. Além disso, são, em sua grande parte, renováveis. A diversificação de fontes de energia é de extrema importância para retirar a dependência de fontes tradicionais.

Figura 49 – Energia Eólica.



(Fonte: Ambiente Energia – acessado em 2017)

Segundo os especialistas, a sua importância cresce progressivamente, dessa maneira o assunto deveria ser incorporado já nas disciplinas existentes, ou em matérias optativas e quem sabe até mesmo para criação de uma disciplina sobre esse assunto.

#### 5.15.4.4 Pilhas a Combustível

Pilha a combustível é um reator eletroquímico de operação contínua, que convertem energia química em energia elétrica. Origina hidrogênio para a “combustão”, ou melhor dizendo, para a movimentação de motores elétricos. Tem uma eficiência energética bastante alta (podendo chegar até em 80%) e, emite baixas concentrações de poluentes, atraindo assim, o interesse dos pesquisadores e ambientalistas.

Figura 50 – Ônibus movido a pilha a combustível.



(Fonte: Hydrogen Water Cars – acessado em 2017)

Atualmente existem diversos modelos de pilhas a combustível com as mais variadas utilizações, podendo ser empregadas desde pequenos dispositivos eletroeletrônicos até mesmo grandes edificações como gerar energia para uma rede hospitalar. Podem também gerarem energia elétrica quando acoplada a reatores nucleares de alta temperaturas.

Segundo os especialistas, com o fim dos combustíveis fósseis é uma das áreas que terá maior foco levando a um alto desenvolvimento do mercado, e por fim sendo de grande interesse acadêmico, haveria necessidade de incorporar a tecnologia aos estudos dos alunos de graduação.

#### 5.15.4.5 Produção de Compostos Orgânicos e Inorgânicos

Compostos orgânicos são todos os compostos oriundos do carbono, estando presentes em compostos vegetais, animais e sintéticos. Já os compostos inorgânicos são todas substâncias formadas por átomos ou moléculas de pelo menos dois elementos diferentes e que não tenham átomos de carbono em sua estrutura (em alguns casos eles podem até aparecer, mas a forma como ele se liga diz que é inorgânico, como o carbonato de sódio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , o monóxido de carbono  $\text{CO}$ , entre outros).

Segundo os especialistas, com o fim dos combustíveis fósseis, as sínteses orgânicas tenderão ser mais complexas e abrangerá a área dos nano compostos, havendo com um desenvolvimento da biotecnologia, biorrefinarias.

É uma área de médio interesse e, sendo que as faculdades deveriam abordar o tema somente como disciplinas alternativas/optativas.

Figura 51 – Produção de Compostos Orgânicos.



(Fonte: Embrapa Foto – Auras, Natália, Élen)

#### 5.15.4.6 Química Fina

Química fina é a produção de compostos químicos, com algum grau de pureza, em escala industrial, com altíssimo valor agregado. Geralmente são agregados em produtos farmacológicos, biocidas e produtos químicos especiais.

Segundo os especialistas a tendência desse mercado, com o esgotamento das fontes tradicionais de energia, é tornar-se essencial, podendo assim o assunto ser incorporado a processos ou a criação de disciplinas optativas sobre o assunto.

#### 5.15.4.7 Reatores Eletroquímicos

Os especialistas acreditam que reatores eletroquímicos seria um assunto muito restrito e devido a isso teriam baixa prioridade para níveis de ensino. Caso fosse de interesse da universidade, o assunto deveria ser incorporado a disciplina de cinética.

Figura 52 – Reator eletroquímico tipo filtro-prensa.



(Fonte: FEM/UNICAMP)

#### 5.15.4.8 Sinergia dos Reatores Nucleares

Os reatores nucleares são ótimas opções para gerarem energia elétrica. Sua principal vantagem é a não utilização de combustíveis fósseis, dessa maneira não há emissão de gases tóxicos e produtos que aumentam o aquecimento global. Economicamente falando, também são vantajosos, pois ocupam áreas pequenas, podendo ser instalados próximo a centros consumidores e não dependem de fatores climáticos para seu funcionamento.

Segundo os especialistas, a área de reatores nucleares terá pouca modificação conforme é conhecida hoje. Grandes modificações estão sendo feitas na área de segurança.

#### 5.15.4.9 Técnicas de Purificação

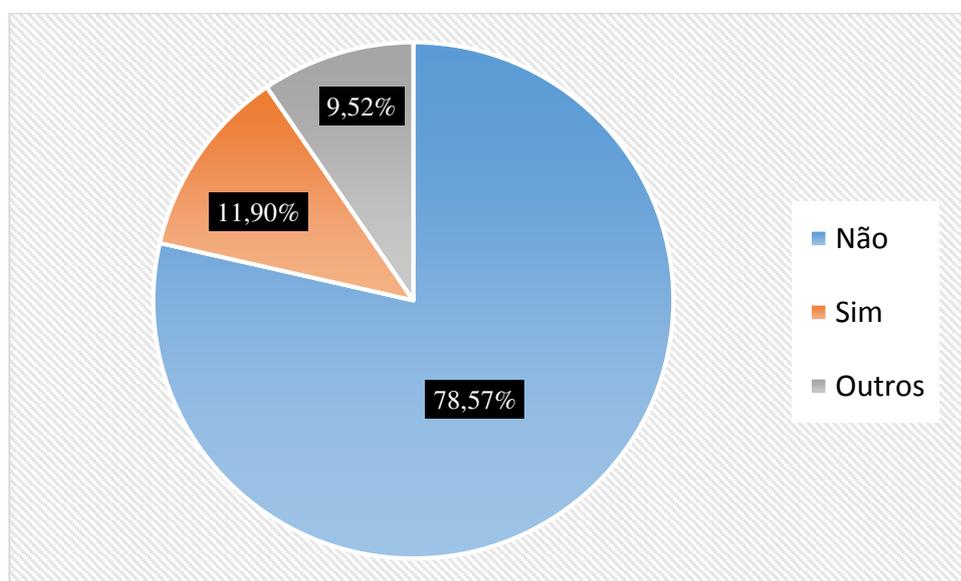
As técnicas de purificação serão incorporadas a equipamentos de obtenção, como, por exemplo, reatores. Haverá enfoque na intensificação de processos e equipamentos, diminuindo-os, reunindo vários sistemas em apenas um só. Por ser um Este representa um dos maiores custos da indústria química e continuará a ser um tema muito importante, independente do esgotamento ou não do petróleo.

### 5.16 Criação do Curso de Engenharia Eletroquímica

Foi questionado aos especialistas (questão 27) a possibilidade da criação de um curso de Engenharia Eletroquímica.

Os entrevistados, em sua grande maioria, acreditam que o surgimento desse curso é improvável, pois é uma área muito específica e, no cenário esperado, para os próximos anos (pouca modificação na estrutura do ensino como é conhecido atualmente), o engenheiro químico poderia facilmente atender a demanda que esse mercado exige. A Figura 53 mostra a opinião dos especialistas sobre a formação desse curso.

Figura 53 – Viabilidade da Criação do Curso de Engenharia Eletroquímica.



A eletroquímica é vista pelos especialistas como uma das muitas vertentes da engenharia química. Os entrevistados, que acreditam que o curso de Engenharia Eletroquímica não deva ser formado, pensam que esse enfoque deveria ser estudado na pós-graduação ou em disciplinas eletivas dos últimos semestres da graduação.

Outro fator alegado pelos especialistas contra a formação do curso é atribuído ao fato que essa especialidade é específica de um nicho de mercado de trabalho, tendo uma inserção social restrita. Dessa maneira a multidisciplinaridade exigida do engenheiro químico seria apta a cobrir essa área.

## 6 Conclusão

A discussão sobre ensino é sempre extensa e intensa, incansáveis reuniões, palestras e encontros são feitos todos anos ao redor do mundo para se discutir qual a melhor forma de aprendizado, qual método será o mais eficaz entre o professor – aluno.

Assim como em todos os cursos, na engenharia química existe uma gama de fatores que influenciam na grade curricular.

Analisando a opinião dos especialistas sobre o ensino na EQ, através dos dados coletados, é condizente afirmar que mesmo com o avanço tecnológico sofrendo cada vez mais mudanças num espaço cada vez menor de tempo, pouco será alterada estrutura do curso de engenharia química como hoje é conhecido. A maior mudança será proporcionada pelo avanço dos conhecimentos da Biologia, e, portanto, serão introduzidas, nos currículos das universidades, cada vez mais, disciplinas que abordem a biotecnologia e seu uso no campo da engenharia.

Ainda pode-se concluir que:

- A carga horária ideal continuará sendo aproximadamente 300 – 400 horas/aula sendo que é recomendado fortemente que os alunos intensifiquem o tempo dedicado aos estudos fora de sala de aula para o assentamento do aprendizado;
- O tempo ideal para a reavaliação do curso é de 7 anos, mais que isso é considerado pelos especialistas que passou tempo demais para o ritmo da sociedade dos dias atuais. Menos que 7 anos se conclui que as mudanças nem se quer surtam algum efeito;
- As grandes mudanças que ocorrem no currículo são sempre em virtude do desenvolvimento tecnológico;
- As grades horárias deveriam introduzir maior número de disciplinas práticas, para melhorar a formação do aluno;
- Análise de Acidentes e Economia são consideradas matérias complementares indispensáveis na grade curricular;

- Os especialistas indicam que é necessário trazer para sala de aula um conteúdo mais prático, fazendo com que os alunos entrem em contato com os problemas enfrentados no dia-a-dia pelas empresas de projetos e indústrias. Dessa maneira o aluno será mais capacitado a colocar os conhecimentos teóricos em prática, nem sofrer traumas de transição entre a academia e a indústria;
- O primeiro ano da faculdade do futuro engenheiro químico deveria ser destinado somente a disciplinas ditas como básicas (as físicas, químicas e matemáticas) pois essas serão as que fornecerão a base de todo um conhecimento científico que o aluno precisa aprender, a única matéria de engenharia que se recomenda no primeiro ano é Introdução a Engenharia Química;
- Sugere-se pelos especialistas que seja introduzida na grade horária uma disciplina de Análise de Risco e Segurança. Atualmente empresas gastam grandes quantidades de dinheiro investido em segurança no trabalho, então os especialistas afirmam que ter o conhecimento básico desse assunto já na graduação seria de extrema importância. Muitos estudos mostram que quando os alunos têm contato com esse tipo de assunto, seu interesse é despertado;
- As faculdades deveriam incentivar mais a prática da engenharia sobretudo com estágios em indústrias químicas;
- Embora exista um grande avanço tecnológico e diversos meios para se avaliar um aluno, no futuro, os especialistas ainda acreditam que a forma mais eficaz de tomar o conhecimento de um aluno seja pela prova escrita. Outros métodos, como avaliação oral podem deixar o aluno nervoso (mais do que o esperado) e fazendo com que o objetivo da avaliação não seja atingido. Assim como os trabalhos em grupo, que embora mencionado de extrema importância para acompanhar a dinâmica em grupo, eles não avaliam tão bem uma vez que o trabalho pode acabar sendo feito de maneira desigual pelos integrantes do grupo;
- É indicado que o professor universitário tenha tanto experiência acadêmica quanto industrial, pois dessa maneira o professor pode trazer para sala de aula

sua experiência com a prática da engenharia, enriquecendo assim o ensino teórico da academia;

- Salienta-se também que é importante que para a melhoria no processo de aprendizagem que o professor faça um curso pedagógico, podendo assim, otimizar a transmissão de conhecimentos ao aluno;
- Embora o avanço computacional seja intenso, o uso de dispositivos eletrônicos será destinado somente para ferramenta auxiliar a aula. O uso dos clickers e o das teleconferências por exemplo, serão usados somente esporadicamente. Muitos acreditam que o EAD terá um crescimento vertiginoso nos próximos anos, mas ainda se acredita que o contato do professor com o aluno em sala de aula é vital para o processo de aprendizagem;
- Uma das principais características do curso de engenharia química é a abordagem multidisciplinar que permite ao futuro profissional uma flexibilidade gigantesca na hora de atuar. Devido a isso, os especialistas preferem que o curso continue do jeito que está não havendo nenhuma diferenciação para quem deseja seguir para indústria ou, quem quer seguir para academia. Assim como os especialistas concordam que é inviável o desmembramento da engenharia em áreas específicas, como a engenharia eletroquímica. Para estes, a criação de um curso de eletroquímica só limitaria o campo de trabalho do aluno de engenharia;
- As principais áreas de enfoque do curso serão a ambiental, de energia, biotecnologia, nanotecnologia, superfícies de interface e, segurança no trabalho. A área médica também terá um destaque considerada no que se diz respeito ao interesse do futuro engenheiro químico.

## 7 Sugestões para Trabalhos Futuros

A área de ensino é vasta e dinâmica. Com a revolução cibernética o mundo ficou mais ágil e cada dia que passa surgem novas tecnologias, produtos, teorias entre outros. Devido a essa oferta vasta de conhecimentos é fundamental que sempre exista estudos e pesquisas acerca do ensino, e foi pensando nisso que se criaram algumas sugestões que são listadas a seguir:

- Planejar e realizar um estudo de como os professores universitários podem melhorar a eficiência de suas aulas;
- Refazer um estudo mais detalhado dos dispositivos eletrônicos em sala de aula e, sua relação com a qualidade de ensino assim como as melhorias que possam surgir na relação sala de professor/aluno;
- Estudo de como o conhecimento em segurança no trabalho influencia no comportamento do aluno em classe;
- Fazer um estudo da interface entre a graduação e a pós-graduação. Como o ensino deveria ser direcionado para alunos que desejassem seguir carreiras acadêmicas;
- Refazer um estudo de previsão tecnológica à médio e longo prazo sobre as forças motrizes que movem o ensino num país, tecnologicamente avançado e os atrasados;
- Impacto que os avanços da biologia provocaram na engenharia na primeira metade do século XXI;
- Fazer um estudo da eficiência de cursos EAD;
- Estudar em detalhe o interesse entre a Engenharia Química e a área de Humanas, Economia e Gestão;
- Estudo sobre o ensino de pós-Graduação no Brasil, abordando quais modelos se encaixariam nas reais necessidades do país;
- Estudo de como a transferência de tecnologia influencia a dinâmica do ensino;

- Estudo sobre a aplicação da tecnologia Delphi no país;
- Estudo de como cursos complementares ao ensino (como os *Capstone Course*) melhoram o aprendizado do aluno durante os anos de graduação;
- Fazer um estudo de como a Psicologia/Sociologia poderia auxiliar os futuros profissionais a ter uma postura mais adequada e melhor no ambiente de trabalho.

## Referências Bibliográficas

BAQUEIRO, J.F; **O Docente Do Ensino Superior: Formação, Desafios E Perspectivas**, IX Congresso Estadual Paulista Sobre Formação De Educadores - 2007 Unesp - Pro-Reitoria De Graduação

BRASIL; Ministério da Educação; Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução CNER/CES 11/2002, de 11 de março de 2002. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 de abril de 2002. Seção 1, p.32.

BEEKES, W. “**The Millionaire; method for encouraging participation**”. Active Learning in Higher Education: The Journal of the Institute for Learning and Teaching, v.7, n.1, p.25–36, 2006.

BERGTROM,G. (2006). **Clicker sets as learning objects. Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects**, 2, Available in.<http://ijklo.org/Volume2/v2p105-110Bergtrom.pdf>.

BUIL, I.; CATALAN, S.; MARTINEZ, E.; **Do Clickers Enhance Learning? A Control-Value Theory Approach**. 2016 Zaragoza, Spain. Computers & Education 103, p. 170 – 182.

BULLOCK, D.W., LABELLA, V. P., CLINGAN, T., DING, Z., STEWART, G., & THIBADO, P. M. (2002).Enhancing the student-instructor interaction frequency. The Physics Teacher, 40, 535–541

CARDOSO, L. R. A.; et al. **Prospecção de futuro e Método Delphi: uma aplicação para a cadeia produtiva da construção habitacional**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 63-38, 2005.

CHARLOT, B; **Relação com o saber, Formação de Professores e Globalização**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

COATES, V. et al. *On the Future of Technological Foresight*, Technological Foresight and Social Change, New York, v. 67, p. 1 – 17, 2001.

COELHO, G. M.; COELHO, D. M. de S. **Prospecção Tecnológica: Metodologias e Experiências Nacionais e Internacionais**. Projeto CTPETRO – Tendências Tecnológicas, Instituto de Nacional de Tecnologia. 2003.

CRAMPIN, E. J. et al., *Computational Physiology and the Physiome Project*, Exp. Physiology, 89, pp. 1-26, 2004, (<http://ep.physoc.org/cgi/content/abstract/89/1/1> ).

CREMASCO, M.A.; **VALE A PENA ESTUDAR ENGENHARIA QUÍMICA**, 3ª ed revista e ampliada, Bluncher, São Paulo – SP, 2015.

CROUZET, F., **De La Supériorité de l'Angleterre Sur La France: Léconomique et limaginaire, XVIIe-XXe siècles (Pour l'histoire)**, Penin, França, 1982.

CONOLEY, J., MOORE, G., CROOM, B., & FLOWERS, J. **A Troy or a Teaching Tool? The Use of Audience-Response Systems in the Classroom. Techniques**, The Journal of the Association for Career and Technical Education, v. 81 n.7, p.46-49, 2006.

CUHLS, K; GRUPP, H., *Alemanha: Abordagens Prospectivas Nacionais. Parcerias Tecnológicas*, Brasília, n.10, p 75 – 104, março 2001.

CUHLS, K; GRUPP, H. *Status And Prospects Of Tecnology Foresight In Germany After Ten Years*. Em <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/mat077e/html/mat077ae.html>., Disponível em Dezembro, 2012.

DUCAN, DOUGLAS. **Clickers: A New Teaching Aid with Exceptional Promise**. Astronomy Education Review, v.5, n.1, 2006.

FRESHWATER, D. **“Davis, George Edward (1850-1907)”** Oxford Dictionary of National Biography, Oxford University Press, UK, 2004.

FURTER, W. F, *History of Chemical Engineering*, Advances in Chemistry Series 190., A.C.S., Washington dc, 1980

GARCEZ, B.N., **O Mackenzie**, São Paulo: Casa Editora Presbiteriana, 1970

GATTI, B. **Formação do Professor Pesquisador para o Ensino Superior: desafios**. In: BARBOSA, R.L. (org). *Trajetórias e perspectivas de formação de professores*. São Paulo: Editora UNESP, 2004.

GAVIGAN, J.P.; SCAPOLO, F. *Matching Methods to the Mission: A comparison of National Foresighting Exercises*. *Foresighting*, Cambridge, v. 1, n. 6, p. 491 – 513, 1999.

GILLET; *J.E., Chemical Engineering Education in the Next Century*, *Chem. Eng. & Tech.*, 24 (6), pp. 561-570, 2001, ([http://www.efce.info/wpe\\_educationchemeng.html](http://www.efce.info/wpe_educationchemeng.html))

GIOVINAZZO, R.A.; **Modelo de Aplicação de Metodologia Delphi pela Internet – Vantagens e Ressalvas**. *Administração on line Prática – Pesquisa – Ensino*, v.2, n.2, 2001.

GIOVINAZZO, R. A. FISCHMANN, A. A. **Delphi Eletrônico – Uma Experiência de Utilização da Metodologia de Pesquisa e seu Potencial de Abrangência Regional**. Trabalho apresentado no XIV Congresso Latinoamericano de Estrategia. 17, 18 e 19 de maio de 2001. Buenos Aires, Argentina.

GIROUX, H. A. **Os Professores como Intelectuais**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

GODET, M.; ROUBELAT, F. *Scenario Planning: an Open Future. Technological. Forecasting & Social Change*, New York, v. 65, n.1, p. 1 – 2, 2000.

GORDON, T.J.; HELMER, O.; *Report on a Long-Range Forecasting Study*. The RAND Corporation. Santa Monica, Califórnia, 1964.

GREER, L., & HEANEY, P. J. **Real-time analysis of student comprehension: An assessment of electronic student response technology in an introductory earth science course.** *Journal of Geoscience Education*, v.52, n.4, p.345-351, 2004.

GUPTA, P. *Business Innovation in the 21st Century*. North Charleston: Book.

GUPTA, U.; CLARKE, R. E. *Theory and Applications of the Delphi Technique: A Bibliography.* *Technological Forecasting and Socian Change*, v.53, n. 2, p. 185-211, 1996.

HOFFMAN, CHRISTINA & GOODWIN, SUSAN. **A Clicker for Your Thoughts: Technology for Active Learning.** *New Library World*, v.107, n.1228/1229, p. 422 – 433, 2006.

International Human Genome Consortium (IGH). *Initial sequencing and analysis of the human genome.* *Nature*, 409. February, 15, 2001, p. 860 – 921.

KLEINTJENS, L. A. L.; *Thermodynamics of Organic Materials, a Challenge for the Coming Decades.* *Fluid Phase Equilibria*, Amsterdam, Holland, v.158 – 160, p. 113 – 121. Junho de 1999.

LANTZ, M.; STAWISKI, A.; **Effectiveness of Clickers: Effect of Feedback and the timing of Questions on Learning.** 2013. *Computers in Human Behavior* 31 p. 280–286. Warren, USA.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M.; *The Delphi Method; techniques and applications.* New Jersey: Listone e Turof, 2002. Disponível em: <<http://is.njit.edu/pubs/delphibook>>.

LOVERIDGE, D.; *Who is an Expert?* Manchester, University of Manchester, Março, 2001. (Discussion Paper Series, Paper 22).

LOVERIDGE, D.; *Experts and Foresight: Review and Experience.* Manchester, University of Manchester, Junho, 2002. (Discussion Paper Series, Paper 2-9).

LOVERIDGE, D.; *On Delphi Questions*. Manchester, University of Manchester, Outubro, 2002. (Discussion Paper Series, Paper 31).

MARCIAL, E.C; GRUMBACH, R.J.S. **Cenários Prospectivos: Como Construir um Futuro Melhor**. FGV, Rio de Janeiro, 2002.

MARTINO, J.P. *Technological Forecasting for Decision Making*. New York: North-Holland, 1983.

MILES, I.; KEENAN, M.; KAIVO-OJA, J.; **Handbook of Knowledge Society Foresight**. Prepared by PREST and FFRC for the European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, p. 166, 2002.

MORAES, M.C.; *O Perfil do Engenheiro dos Novos Tempos e as Novas Pautas Educacionais. Formação do Engenheiro: Desafios da Atuação docente*, tendências curriculares. Florianópolis: Editora UFSC, 1999, p.53-66.

NASCIMENTO, P.C.; *Engenharia Química da Unicamp, Uma História de Transformações*, PCN Comunicações, Campinas, 2014.

NITZ, M.; RAFFAELLI, R.R.P.; BRESOLIN, I.T.L.; TONSO, A.; CAMACHO; J.L.P.; PAIVA, J.L.; LE ROUX, G.C.; **Distribuição e Desempenho dos Cursos de Engenharia Química no Brasil – Uma Análise com Base nos Microdados do INEP de 2012 a 2016**, XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2018, São Paulo, SP.

OLIVEIRA, D.P.R, **Estratégia Empresarial e Vantagens Competitiva: Como Estabelecer, Implementar e Avaliar**. Atlas, São Paulo, 2001.

OLIVEIRA, W.S.; SALES, A.C.L.; Proposição para o Plano Curricular do Curso de Engenharia Química. Ata da Unicamp, 1975, Campinas.

PIMENTA, S. G; **Docência no Ensino Superior**. São Paulo: Cortez, 2002.

PORTER, A. L., et al. **Technology Futures Analysis: Toward Integration of the Field and New Methods**. *Technological Forecasting & Technological Forecasting & Social Change* v.71, p. 287–303, 2004.

PORTO, L. M.; **A Evolução da Engenharia Química – Perspectivas e Novos Desafios**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, 2002.

RAMALHO, B.L. **Reflexões sobre o Ensino e o Exercício da Docência no Ensino Superior**. ForGRAD em revista. Vitória, nº. 1, p.26-32, 2006.

RATTNER, A., **Estudo do Futuro: Introdução à Antecipação Tecnológica e Social**. FGV, Rio de Janeiro, 1979.

RIVAS, N.P; CONTE, K.M; AGUILAR, G.M; **Novos Espaços Formativos na Universidade: Desafios e Perspectivas para a Docência Superior**. IX CONGRESSO ESTADUAL PAULISTA SOBRE FORMAÇÃO DE EDUCADORES – 2007.

ROWE, G.; WRIGHT, G.; *The Delphi Technique as a Forecasting Tool: Issues and Analysis*. *International Journal of Forecasting*, v.15, p. 353-375, 1999.

SHALLCROSS, D. C.; *Safety Shares in the Chemical Engineering Classroom*, Education for Chemical Engineers. University of Melbourne, Melbourne, Austrália, e94–e105, 2014.

SANT’ANA, P. H.; **Análise Prospectiva de Tecnologias de Energia: Validação e Análise de uma Consulta Delphi com Especialistas no Brasil**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2005.

SANTOS, M.; MASSARI, G.; SANTOS, D; FELLOWS, L. **Prospecção Tecnológica de Futuro: Métodos, Técnicas e Abordagens**. *Parcerias estratégicas*, n. 19, 2004.

SANTORO, B.F.; BRESOLIM, I.R.A.P.; BRESOLIM, I.T.L.; **Uso de Gamificação na Engenharia Química: Experiências de Sucesso Utilizando o KAHOOT, XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, 2018, São Paulo, SP.

SIMPSON, V., & OLIVER, M. (2007). **Electronic voting systems for lectures then and now: a comparison of research and practice**. Australasian Journal of Educational Technology.

STUART, A. J., BROWN, M. I., & DRAPER, S. W. **Using an electronic voting system in logic lectures: One practitioner's application**. Journal of Computer Assisted Learning, v.20, n.2, p. 95-102, 2004.

THOBER, C.W.; GERMANY, C. J.; **Engenharia Química: uma perspectiva da profissão no Brasil**. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 9. Anais... Salvador, 1992. P. 423-430.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A.; BORGIA REIS, C.; **Prospecção Estratégica para 2003 com a Utilização do Método Delphi**. p. 1-13, 2001.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A.; **Delphi – uma Ferramenta de Apoio ao Planejamento Prospectivo**. Caderno de pesquisa e administração, v.1, n.12, p. 54 – 65, 2000.

ZABALZA, M.A.; **O ensino universitário: seu cenário e seus protagonistas**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

ZACKIEWICZ, M.; SALLES-FILHO, S.; **Technological Foresight: Um Instrumento para a Política Científica e Tecnológica**. Parcerias Tecnológicas, Brasília, n.10, p-144-161, março 2001.

ZAKON, A.; MANHÃES, I. N. O.; **O Ensino da Engenharia Química Perante a Diversificação Profissional nos EUA e no Brasil**. In: Encontro Ensino em Engenharia, 7; 2001, Petrópolis. Rio de Janeiro, UERF, 2001. Em [www.pp.ufu.br/arquivos/16.pdf](http://www.pp.ufu.br/arquivos/16.pdf)

**Links de sites acessados:**

<https://guiadoestudante.abril.com.br/blog/melhores-faculdades/os-5-melhores-cursos-de-engenharia-quimica-do-brasil/#>

<http://guiadoestudante.abril.com.br/profissoes/engenharia-quimica-2/>

[http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com\\_content&task=view&id=124](http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=124)

<http://www.enq.ufrgs.br/graduacao/o-que-e-engenharia-quimica/qual-o-futuro-da-engenharia-quimica>

<http://www.estudoadministracao.com.br/ler/processo-de-industrializacao-no-brasil-resumo/>

<http://www.feq.unicamp.br/index.php/graduacao>

<https://www.iche.org/>

<http://www.crq4.org.br/>

Genomics.energy.gov (<http://genomics.energy.gov/gallery/>)

<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2014/11/epe-habilita-577-projetos-de-energia-eolica-para-leilao-de-energia/24902>

<https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html>

<https://www.nycgo.com/attractions/statue-of-liberty-national-monument>

[http://www.cgee.org.br/prospeccao/index.php?operacao=Exibir&serv=textos/topicos/texto\\_exib&tto\\_id=4&tex\\_id=1](http://www.cgee.org.br/prospeccao/index.php?operacao=Exibir&serv=textos/topicos/texto_exib&tto_id=4&tex_id=1)

## Anexo A – Ranking das Universidades Brasileiras

Existem diversos tipos de ranking para enumerar e qualificar a qualidade de ensino nas universidades. No Ranking Universitário da Folha (RUF), o jornal Folha de São Paulo, para classificar a qualidade de ensino de uma instituição leva em consideração:

- Doutorado e Mestrado: verifica a proporção do corpo docente com o título de doutorado e mestrado.
- Exame Nacional de Ensino Superior (ENADE): Nota obtida pelos alunos da instituição no exame.
- Dedicção dos docentes: analisa a proporção de professores com dedicação integral ou parcial.
- Consultores do MEC: Pesquisa Datafolha com 611 professores escolhidos pelo Ministério da Educação para analisar a qualidade do ensino.
- Avaliação de Mercado: É medida pelo desempenho da instituição em uma pesquisa feita pelo Datafolha. Nessa mesma, 2222 profissionais responsáveis pelas contratações no mercado avaliam o desempenho das faculdades.

De acordo com esses pontos, em 2014, no Brasil existiam 115 cursos de EQ, sendo que a região Sudeste tinha 66, a Sul 25, a Nordeste 18, a Norte com 4, e finalmente a Centro-Oeste com apenas 2 cursos. Nesse ano, as 15 primeiras instituições eram públicas. (Como mostra a Tabela A1, com as 20 primeiras instituições melhores classificadas).

Tabela A1 - Ranking nacional da RUF dos cursos de Engenharia Química em 2014.

Posição	Nome da Universidade	Estado	Instituição
1º	Universidade de São Paulo (USP)	SP	Pública
2º	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	SP	Pública
3º	Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)	MG	Pública
4º	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	RS	Pública
5º	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	RJ	Pública
6º	Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)	SP	Pública
7º	Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	SC	Pública
8º	Universidade Federal de Uberlândia (UFU)	MG	Pública
9º	Universidade Federal do Paraná (UFPR)	PR	Pública
10º	Universidade Estadual de Maringá (UEM)	PR	Pública

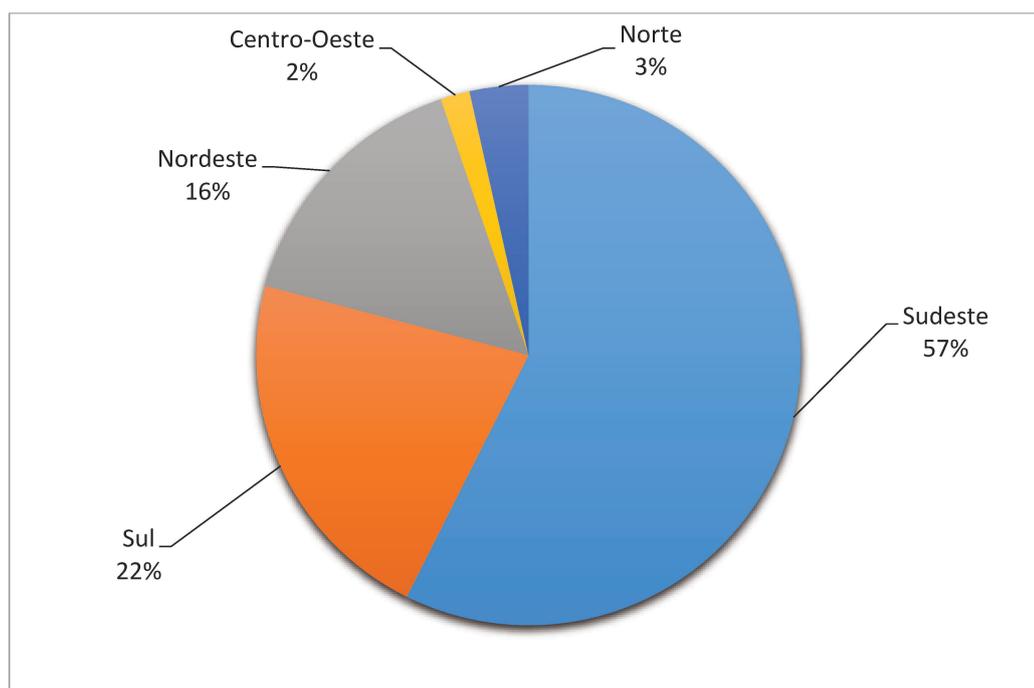
Tabela A1 - Ranking nacional da RUF dos cursos de Engenharia Química em 2014.

Posição	Nome da Universidade	Estado	Instituição
11°	Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)	RN	Pública
12°	Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)	RS	Pública
13°	Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)	RJ	Pública
14°	Universidade Federal do Ceará (UFC)	CE	Pública
15°	Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	PE	Pública
16°	Universidade Federal de Goiás (UFG)	GO	Pública
17°	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)	RS	Privada
18°	Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)	RS	Privada
19°	Universidade Federal do Maranhão (UFMA)	MA	Pública
20°	Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)	PR	Pública

Ainda de acordo com esse ranking podemos perceber que a região sul/sudeste é dominante em perante as demais regiões no que diz respeito ao ensino da Engenharia Química. Esse resultado está atrelado ao desenvolvimento financeiro/industrial de cada região ou até mesmo ligado ao movimento de migração populacional entre regiões.

Na Figura A1 é explicitada a distribuição dos cursos por região do país. Nota-se que o ensino se concentra quase que 80% no eixo Sul – Sudeste.

Figura A1- Distribuição Nacional das Universidades de Engenharia Química em 2014.



Essa mesma pesquisa foi refeita no ano de 2016, e o Ranking Geral sofreu uma ligeira modificação. Conforme é mostrado na Tabela A2, porém dessa vez, com todas as instituições.

Tabela A2 - Ranking nacional da RUF dos cursos de Engenharia Química em 2016.

<b>Posição</b>	<b>Nome da Universidade</b>	<b>Estado</b>	<b>Instituição</b>
1º	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	SP	Pública
2º	Universidade de São Paulo (USP)	SP	Pública
3º	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	RJ	Pública
4º	Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)	MG	Pública
5º	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	RS	Pública
6º	Universidade Federal do Paraná (UFPR)	PR	Pública
7º	Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)	SP	Pública
8º	Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	SC	Pública
9º	Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)	RS	Pública
10º	Universidade Estadual de Maringá (UEM)	PR	Pública
11º	Universidade Federal de Uberlândia (UFU)	MG	Pública
12º	Universidade Federal da Bahia (UFBA)	BA	Pública
13º	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)	SP	Pública
14º	Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)	RJ	Pública
15º	Centro Universitário da Fundação Educacional Inaciana Pe Sabóia de Medeiros (FEI)	SP	Privada
16º	Universidade Federal do Ceará (UFC)	CE	Pública
17º	Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	PE	Pública
18º	Universidade Federal de Goiás (UFG)	GO	Pública
19º	Instituto Militar de Engenharia (IME)	RJ	Pública
20º	Universidade Federal de Viçosa (UFV)	MG	Pública
21º	Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)	RN	Pública
22º	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)	RS	Privada
23º	Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)	RS	Privada
24º	Universidade Federal Fluminense (UFF)	RJ	Pública
25º	Universidade Federal da Paraíba (UFPB)	PB	Pública
26º	Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)	PR	Privada
27º	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC MINAS)	MG	Privada
28º	Faculdades Oswaldo Cruz (FOC)	SP	Privada
29º	Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)	PB	Pública
30º	Universidade de Caxias do Sul (UCS)	RS	Privada

Tabela A2 - Ranking nacional da RUF dos cursos de EQ em 2016 (continuação).

<b>Posição</b>	<b>Nome da Universidade</b>	<b>Estado</b>	<b>Instituição</b>
31°	Universidade de Brasília (UNB)	DF	Pública
32°	Universidade Luterana do Brasil (ULBRA)	RS	Privada
33°	Universidade Federal do Rio Grande (FURG)	RS	Pública
34°	Universidade Regional de Blumenau (FURB)	SC	Pública
35°	Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-CAMPINAS)	SP	Privada
36°	Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL)	SC	Privada
37°	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO)	RJ	Privada
38°	Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ)	MG	Pública
39°	Universidade Estácio de Sá (UNESA)	RJ	Privada
40°	Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP)	SP	Privada
41°	Universidade Federal do Pará (UFPA)	PA	Pública
42°	Universidade Federal do Amazonas (UFAM)	AM	Pública
43°	Universidade Federal de Sergipe (UFS)	SE	Pública
44°	Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia (CEUN-IMT)	SP	Privada
45°	Universidade Federal do Maranhão (UFMA)	MA	Pública
46°	Universidade do Grande Rio Professor José de Souza Herdy (UNIGRANRIO)	RJ	Privada
47°	Centro Universitário Una (UNA)	MG	Privada
48°	Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)	SP	Pública
49°	Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)	ES	Pública
50°	Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG)	MG	Pública
51°	Universidade Salvador (UNIFACS)	BA	Privada
52°	Universidade de Mogi das Cruzes (UMC)	SP	Privada
53°	Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)	PR	Pública
54°	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)	RJ	Pública
55°	Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)	PR	Pública
56°	Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)	MG	Pública
57°	Universidade Federal de Alagoas (UFAL)	AL	Pública
58°	Centro Universitário Newton Paiva (NEWTON PAIVA)	MG	Privada
59°	Fundação Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)	RS	Pública
60°	Universidade São Francisco (USF)	SP	Privada
61°	Universidade São Francisco (USF)	MG	Pública
62°	Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP)	SP	Privada

Tabela A2 - Ranking nacional da RUF dos cursos de EQ em 2016 (continuação).

<b>Posição</b>	<b>Nome da Universidade</b>	<b>Estado</b>	<b>Instituição</b>
63°	Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)	RN	Pública
64°	Faculdade Sociesc De Curitiba (SOCIESC)	PR	Privada
65°	Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)	MT	Pública
65°	Faculdade Brasileira (MULTIVIX)	ES	Privada
67°	Universidade do Estado do Amazonas (UEA)	AM	Pública
68°	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)	BA	Pública
69°	Faculdades Integradas Urubupungá (FIU)	SP	Privada
70°	Faculdade Pitágoras de São Luiz	MA	Privada
71°	Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)	BA	Pública
72°	Centro Universitário Facvest (FACVEST)	SC	Privada
73°	Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA)	PA	Pública
73°	Centro Universitário Anhanguera (UNIA)	SP	Privada
75°	Universidade Guarulhos (UNG)	SP	Privada
76°	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IF SUL DE MINAS)	MG	Pública
77°	Faculdade Boa Viagem (FBV)	PE	Privada
78°	Faculdade Pitágoras de Jundiá (PIT JUNDIAÍ)	SP	Privada
79°	Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP)	SP	Privada
80°	Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)	MG	Pública
81°	Universidade Santa Cecília (UNISANTA)	SP	Privada
82°	Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI)	RS	Privada
83°	Faculdade Senai-Cetiqt (SENAI-CETIQT)	RJ	Privada
84°	Faculdade do Centro Leste (UCL)	ES	Privada
85°	Faculdade Norte Capixaba de São Mateus (MULTIVIX)	ES	Privada
86°	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense (IFSul)	RS	Pública
87°	Universidade Feevale (FEEVALE)	RS	Privada
88°	Universidade do Sagrado Coração (USC)	SP	Privada
89°	Faculdades Integradas Espírito Santenses (FAESA I)	ES	Privada
90°	Centro Universitário de Belo Horizonte (UNI-BH)	MG	Privada
91°	Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)	SC	Privada
92°	Centro Universitário Tupy	SC	Privada
93°	Faculdade Regional da Bahia (FARB)	BA	Privada
94°	Faculdade de São Bernardo do Campo (FASB I)	SP	Privada
95°	Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)	SC	Pública

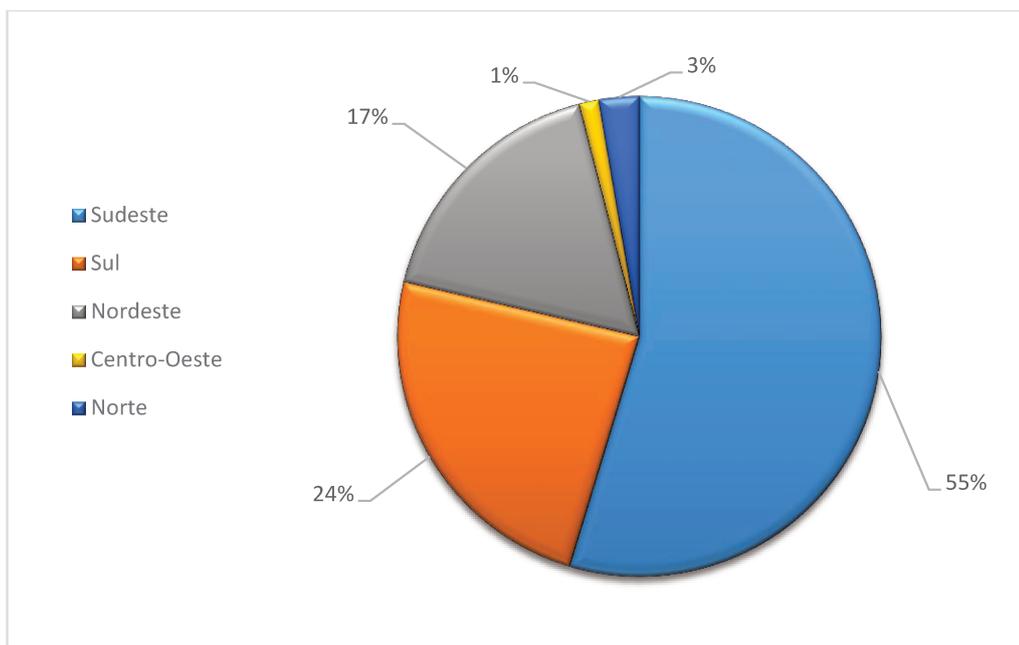
Tabela A2 - Ranking nacional da RUF dos cursos de EQ em 2016 (continuação).

<b>Posição</b>	<b>Nome da Universidade</b>	<b>Estado</b>	<b>Instituição</b>
96°	Centro Universitário Franciscano (UNIFRA)	RS	Privada
97°	Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ)	SC	Pública
98°	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais (IFNMG)	MG	Pública
99°	Universidade do Estado do Amapá (UEAP)	AP	Pública
100°	Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP)	PE	Privada
101°	Universidade de Franca (UNIFRAN)	SP	Privada
102°	Universidade Vila Velha (UVV)	ES	Privada
103°	Faculdade Pitágoras de Betim (PITÁGORAS-BETIM)	MG	Privada
104°	Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB)	SP	Privada
105°	Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI)	SC	Privada
106°	Centro Universitário Univates (UNIVATES)	RS	Privada
107°	Faculdade Pitágoras de Linhares	ES	Privada
108°	Centro Universitário do Leste de Minas Gerais (UNILESTEMG)	MG	Privada
109°	Centro Universitário Luterano de Manaus (CEULM/ULBRA)	AM	Privada
110°	Faculdades Integradas de Aracruz (FAACZ)	ES	Privada
111°	Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC)	SC	Pública
112°	Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino (UNIFAE)	SP	Pública
112°	Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)	MG	Privada
114°	Faculdade de Ciência e Tecnologia de Montes Claros (FACIT)	MG	Privada
115°	Faculdade de Roseira (FARO)	SP	Privada
116°	Universidade de Uberaba (UNIUBE)	MG	Privada
117°	Centro Universitário Herminio Ometto (UNIARARAS)	SP	Privada
118°	Faculdade Pitágoras de Belo Horizonte (FPAS)	MG	Privada
119°	Centro Universitário La Salle (UNILASALLE)	RS	Privada
120°	Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU)	PE	Privada
121°	Centro Universitário do Norte Paulista (UNORP)	SP	Privada
121°	Faculdades Pitágoras Unidade Guarapari (FIPAG)	ES	Privada
123°	Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde (FACISA)	MG	Privada
124°	Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS)	SP	Privada
125°	Universidade Severino Sombra (USS)	RJ	Privada
126°	Faculdade Maurício de Nassau de Maceió	AL	Privada

Tabela A2 - Ranking nacional da RUF dos cursos de EQ em 2016 (continuação).

<b>Posição</b>	<b>Nome da Universidade</b>	<b>Estado</b>	<b>Instituição</b>
127°	Faculdade Maurício de Nassau de Natal (FMN NATAL)	RN	Privada
128°	Faculdade Municipal Professor Franco Montoro de Mogi Guaçu (FMPFM)	SP	Pública
129°	Universidade Fumec (FUMEC)	MG	Privada
130°	Faculdade de Telêmaco Borba (FATEB)	PR	Privada
131°	Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Alvares Penteado (FEFAAP)	SP	Privada
132°	Centro Universitário Jorge Amado (UNIJORGE)	BA	Privada
133°	Faculdade Nordeste (FANOR)	CE	Privada
134°	Faculdade Maurício de Nassau de João Pessoa (FMN JOÃO PESSOA)	PB	Privada
135°	Faculdade Metropolitana de Guaramirim (FAMEG)	SC	Privada
136°	Universidade de Sorocaba (UNISO)	SP	Privada
137°	Faculdade Satc (FASATC)	SC	Privada
138°	Faculdade Una de Betim (UNA)	MG	Privada
139°	Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC)	RS	Privada
140°	Faculdade Salesiana Maria Auxiliadora (FSMA)	RJ	Privada
141°	Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI)	RS	Privada
141°	Centro Universitário Ritter dos Reis (UNIRITTER)	RS	Privada
141°	Universidade Católica do Salvador (UCSAL)	BA	Privada
144°	Universidade de Passo Fundo (UPF)	RS	Privada
145°	Faculdade Única De Ipatinga (FUNIP)	MG	Privada
146°	Faculdade Anhanguera de Educação, Ciências e Tecnologia de Sorocaba (FAECTS)	SP	Privada
147°	Universidade Camilo Castelo Branco (UNICASTELO)	SP	Privada
148°	Centro Universitário de Formiga (UNIFORMG)	MG	Privada
149°	Universidade Potiguar (UNP)	RN	Privada
150°	Centro Universitário Padre Anchieta (UNIANCHIETA)	SP	Privada
151°	Faculdade Esamc Campinas (ESAMC)	SP	Privada
152°	Faculdade Esamc Santos (ESAMC)	SP	Privada

Figura A2- Distribuição Nacional das Universidades de Engenharia Química em 2016.



De acordo com a Figura A2, a distribuição das faculdades de engenharia química do Brasil continua bastante semelhante ao que era em 2014 (Figura A1). O Nordeste passou ter uma representatividade um pouco maior, com um total de 26 faculdades entre 152, indicando que houve um aumento discreto de ensino da região. O Sul também apresentou tal melhoria passando a ter 36 faculdades na lista.

Em termos de ensino é importante notar, que assim como em 2014, as principais instituições do país que ministram engenharia química, são públicas.

O aumento de cursos que ministram engenharia química no país é um importante pois mais vagas são oferecidas anualmente, podendo assim mais pessoas se formarem em engenharia.

## Anexo B – Ranking Internacional das Universidades

Ranking, segundo o dicionário é a classificação de algo por meio de seu desempenho. No mundo universitário, saber quais são as universidades mais prestigiadas é de grande interesse pois as mais qualificadas servirão de espelho no ensino e assim as outras poderão aprimorar a qualidade de seu ensino, melhorando por consequência, seu ranking. Existem diversos tipos de critérios para classificar a qualidade de um curso universitário. Quanto mais critérios a pesquisa leva em consideração mais apurado é o resultado final. O ranking das principais universidades mundiais do ensino da engenharia química utilizado foi do *QS Stars*, que foi escolhido pois ele se preocupa em atribuir diversos critérios para fazer sua classificação. Nele, foram analisados somente os critérios do curso de engenharia química. Ao todo, são listadas 200 universidades.

Os atributos que o site leva em consideração são listados a seguir:

- Artes & Cultura – O número de concertos e exposições artísticas organizadas pela instituição.
- Critérios de Especialistas – Excelência da faculdade em si. Essa categoria analisa as classificações e credenciamento das disciplinas oferecidas durante a graduação.
- Empregabilidade – Capacidade de trabalhar de maneira eficiente em uma equipe multicultural, fazer apresentações e administrar pessoas e projetos. Indicadores comuns nessa área são o número de empregados assim como suporte de carreiras e pós-graduações.
- Ensino – O papel da universidade é procurar as pessoas aptas para exercer a profissão no futuro. Indicadores típicos de qualidade de ensino são os feedbacks que esses dão em avaliações nacionais assim como a taxa de aluno por professor.
- Ensino a Distância – Esse indicador pode ser analisado de diversas maneiras tal como serviços estudantis de tecnologia, bando de dados, interação estudantil e reputação da universidade.

- Facilidades – A infraestrutura de uma faculdade é um indicador que proporciona ao aluno saber o que esperar da experiência universitária. Indicadores tais como práticas esportivas, bibliotecas e facilidades médicas são considerados como critério de avaliação de um bom ensino.
- Inclusão – Esse fator analisa a acessibilidade que a universidade oferece aos estudantes (como bolsas de estudos, acesso a deficiência, a igualdade de gêneros e o alcance que a universidade tem a alunos de baixa renda.
- Inovação – A inovação, as produções da universidade assim como como ela se relacionam com a economia e cultura local. Esse aspecto tornou-se cada vez mais relevante.
- Internacionalização – Proporção de alunos e professores externos que visitam a faculdade, incluindo o número de estrangeiros diferentes que representam o corpo estudantil assim como a representação internacional.
- Pesquisa – Produção acadêmica (número de *papers* publicados), citações (como os artigos publicados são utilizados) e prêmios de reconhecimentos de atividade acadêmica (tal como prêmio Nobel e medalha Fields).
- Responsabilidade Social – O quão sério a universidade leva a sério suas obrigações sociais investindo na comunidade local com trabalho de caridade, por exemplo. Também são analisados o capital de desenvolvimento e as preocupações ambientais.

Tabela B1 - Ranking Internacional dos cursos de Engenharia Química em 2016.

<b>Posição</b>	<b>Nome da Universidade</b>	<b>País</b>
1	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	Estados Unidos
2	Stanford University	Estados Unidos
3	University of California, Berkeley (UCB)	Estados Unidos
4	University of Cambridge	Reino Unido
5	National University of Singapura (NUS)	Singapura
6	California Institute of Technology (Caltech)	Estados Unidos
7	Delft University of Technology	Holanda
8	Imperial College London	Reino Unido
9	Kyoto University	Japão
10	University of Oxford	Reino Unido
11	The University of Tokyo	Japão
12	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology	Suíça
13	University of Wisconsin-Madison	Estados Unidos
14	Princeton University	Estados Unidos
15	Tsinghua University	China
16	University of Minnesota	Estados Unidos
17	University of Texas at Austin	Estados Unidos
18	Nanyang Technological University, Singapura (NTU)	Singapura
19	KAIST - Korea Advanced Institute of Science & Technology	Coréia do Sul
20	Seoul National University	Coréia do Sul
21	Georgia Institute of Technology	Estados Unidos
22	The University of Manchester	Reino Unido
23	Tokyo Institute of Technology	Japão
24	Monash University	Austrália
25	The University of Queensland	Austrália
26	Yale University	Estados Unidos
27	The University of Melbourne	Austrália
28	University of California, Los Angeles (UCLA)	Estados Unidos
29	Cornell University	Estados Unidos
30	The Hong Kong University of Science and Technology	Hong Kong
31	Northwestern University	Estados Unidos
32	UCL (University College London)	Reino Unido
33	The University of New South Wales (UNSW Austrália)	Austrália
34	National Taiwan University (NTU)	Taiwan
35	Purdue University	Estados Unidos
36	RWTH Aachen University	Alemanha
37	Osaka University	Japão
38	University of Pennsylvania	Estados Unidos
39	University of Toronto	Canadá
40	McGill University	Canadá
41	Technical University of Dinamarca	Dinamarca
42	University of Michigan	Estados Unidos

Tabela B1 - Ranking Internacional dos cursos de EQ em 2016 (continuação).

<b>Posição</b>	<b>Nome da Universidade</b>	<b>País</b>
43	Zhejiang University	China
44	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	Suíça
45	Pohang University of Science And Technology (POSTECH)	Coréia do Sul
46	Shanghai Jiao Tong University	China
47	Universiti Sains Malásia (USM)	Malásia
48	Tohoku University	Japão
49	University of British Columbia	Canadá
50	University of Delaware	Estados Unidos
51	Carnegie Mellon University	Estados Unidos
52	Chulalongkorn University	Tailândia
53	Columbia University	Estados Unidos
54	Curtin University	Austrália
55	Eindhoven University of Technology	Holanda
56	Hanyang University	Coréia do Sul
57	Hokkaido University	Japão
58	Índian Institute of Science (IISc) Bangalore	Índia
59	Índian Institute of Technology Bombay (IITB)	Índia
60	Índian Institute of Technology Delhi (IITD)	Índia
61	Índian Institute of Technology Madras (IITM)	Índia
62	Johns Hopkins University	Estados Unidos
63	KU Leuven LogoKU Leuven	Bélgica
64	KIT, Karlsruhe Institute of Technology	Alemanha
65	Korea University	Coréia do Sul
66	KTH Royal Institute of Technology	Suécia
67	Kyushu University	Japão
68	Nagoya University	Japão
69	National Tsing Hua University	Taiwan
70	Pennsylvania State University	Estados Unidos
71	Politecnico di Milano	Itália
72	Rice University	Estados Unidos
73	Sungkyunkwan University (SKKU)	Coréia do Sul
74	Technische Universität Berlin (TU Berlin)	Alemanha
75	TU Dortmund University	Alemanha
76	Technical University of Munich	Alemanha
77	Texas A&M University	Estados Unidos
78	The Chinese University of Hong Kong (CUHK)	Hong Kong
79	The University of Nottingham	Reino Unido
80	The University of Sheffield	Reino Unido
81	The University of Sydney	Austrália
82	Tianjin University	China
83	Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	México
84	Universidade de São Paulo	Brasil

Tabela B1 - Ranking Internacional dos cursos de EQ em 2016 (continuação).

<b>Posição</b>	<b>Nome da Universidade</b>	<b>País</b>
85	Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)	Brasil
86	Universiti Kebangsaan Malásia (UKM)	Malásia
87	Universiti Malaya (UM)	Malásia
88	Universiti Teknologi Malásia	Malásia
89	University of Alberta	Canadá
90	University of Birmingham	Reino Unido
91	University of California, Davis	Estados Unidos
92	University of California, Santa Barbara (UCSB)	Estados Unidos
93	The University of Edinburgh	Reino Unido
94	The University of Hong Kong	Hong Kong
95	University of Illinois at Urbana-Champaign	Estados Unidos
96	University of Leeds	Reino Unido
97	University of Massachusetts Amherst	Estados Unidos
98	University of Washington	Estados Unidos
99	University of Waterloo	Canadá
100	Yonsei University	Coréia do Sul
101	Beijing Institute of Technology	China
102	Beijing University of Chemical Technology	China
103	Brown University	Estados Unidos
104	Chalmers University of Technology	Suécia
105	Colorado School of Mines	Estados Unidos
106	Dalian University of Technology	China
107	East China University of Science and Technology	China
108	Índian Institute of Technology Kanpur (IITK)	Índia
109	Índian Institute of Technology Kharagpur (IIT-KGP)	Índia
110	Jilin University	China
111	King Abdullah University of Science & Technology	Árabia Saudita
112	King Fahd University of Petroleum & Minerals	Árabia Saudita
113	McMaster University	Canadá
114	Michigan State University	Estados Unidos
115	Nanjing University	China
116	National Cheng Kung University (NCKU)	Taiwan
117	National Chiao Tung University	Taiwan
118	National Taiwan University of Science and Technology (Taiwan Tech)	Taiwan
119	North Carolina State University	Estados Unidos
120	Norwegian University of Science And Technology	Noruega
121	The Ohio State University	Estados Unidos
122	Politecnico di Torino	Itália
123	Queen's University at Kingston	Canadá
124	Rensselaer Polytechnic Institute	Estados Unidos
125	Technion - Israel Institute of Technology	Israel
126	Technische Universität Dresden	Alemanha

Tabela B1 - Ranking Internacional dos cursos de EQ em 2016 (continuação).

<b>Posição</b>	<b>Nome da Universidade</b>	<b>País</b>
127	The Hong Kong Polytechnic University	Hong Kong
128	The University of Adelaide	Austrália
129	The University of Auckland	Nova Zelândia
130	University Complutense Madrid	Espanha
131	Universidad Politècnica de València	Espanha
132	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Brasil
133	Alma Mater Studiorum - University of Bologna	Itália
134	University of Barcelona	Espanha
135	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg	Alemanha
136	Universität Stuttgart	Alemanha
137	Université de Montréal	Canadá
138	Université de Strasbourg	França
139	Université Pierre et Marie Curie (UPMC)	França
140	Universiti Putra Malásia (UPM)	Malásia
141	Universiti Teknologi Petronas (Petronas)	Malásia
142	University of Bath	Reino Unido
143	University of Calgary	Canadá
144	University of California, San Diego (UCSD)	Estados Unidos
145	University of Colorado Boulder	Estados Unidos
146	University of Florida	Estados Unidos
147	Ghent University	Bélgica
148	University of Houston	Estados Unidos
149	University of Porto	Portugal
150	Washington University in St. Louis	Estados Unidos
151	The University of Western Ontario	Canadá
152	Aalto University	Finlândia
153	Arizona State University	Estados Unidos
154	Ecole Polytechnique	França
155	Harbin Institute of Technology	China
156	Heriot-Watt University	Reino Unido
157	Índian Institute of Technology Roorkee (IITR)	Índia
158	Instituto Politécnico Nacional (IPN)	México
159	Istanbul Technical University	Turquia
160	Karolinska Institutet	Suécia
161	King Saud University	Árabia Saudita
162	Kyung Hee University	Coréia do Sul
163	Lehigh University	Estados Unidos
164	Loughborough University	Reino Unido
165	Middle East Technical University	Turquia
166	National Chung Hsing University	Taiwan
167	National Technical University of Athens	Grécia
168	New York University (NYU)	Estados Unidos

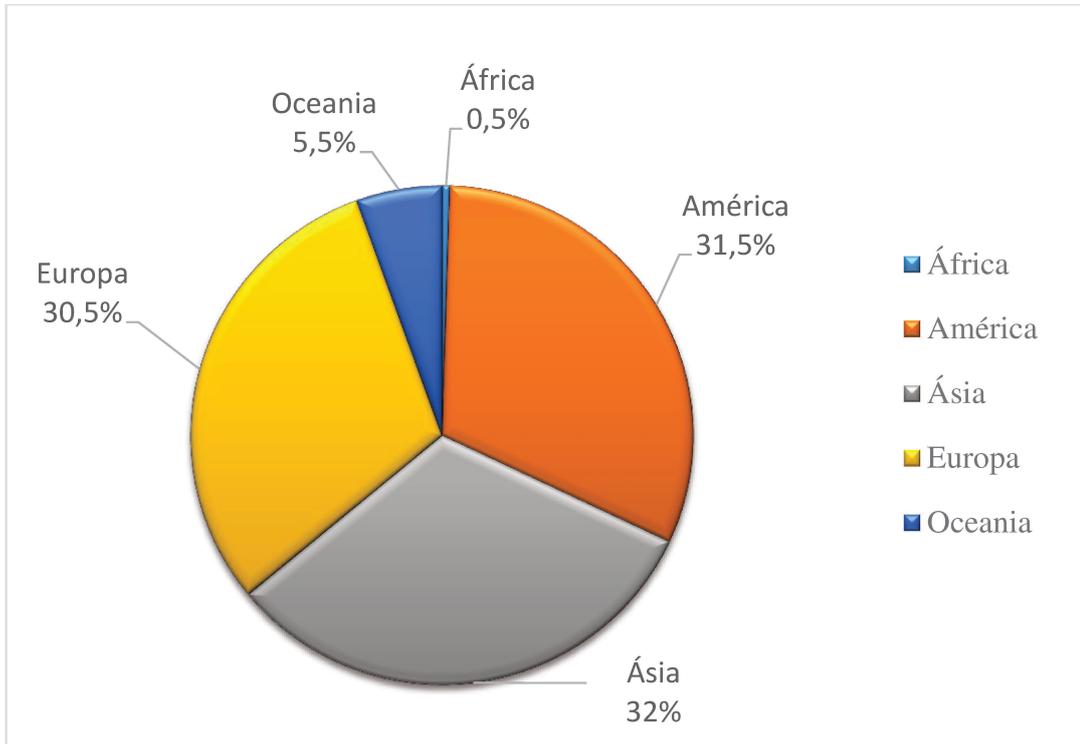
Tabela B1 - Ranking Internacional dos cursos de EQ em 2016 (continuação).

<b>Posição</b>	<b>Nome da Universidade</b>	<b>País</b>
169	Newcastle University	Reino Unido
170	Pusan National University	Coréia do Sul
171	Queen's University Belfast	Reino Unido
172	RMIT University	Austrália
173	Rutgers University - New Brunswick	Estados Unidos
174	Sapienza University of Rome	Itália
175	Sogang University	Coréia do Sul
176	Sun Yat-sen University	China
177	Technische Universität Hamburg-Harburg	Alemanha
178	The University of Western Australia	Austrália
179	Tokyo University of Science	Japão
180	Universidad de Buenos Aires (UBA)	Argentina
181	Universidad Nacional de Colombia	Colômbia
182	Universidade Nova de Lisboa	Portugal
183	University of Naples - Federico II	Itália
184	Università di Padova	Itália
185	University College Cork	Irlanda
186	University College Dublin	Irlanda
187	University of California, Irvine	Estados Unidos
188	University of California, Riverside	Estados Unidos
189	University of Canterbury	Nova Zelândia
190	University of Groningen	Holanda
191	University of Illinois, Chicago (UIC)	Estados Unidos
192	University of Maryland, College Park	Estados Unidos
193	The University of Newcastle, Australia (UON)	Austrália
194	University of Notre Dame	Estados Unidos
195	University of Oklahoma	Estados Unidos
196	University of Patras	Grécia
197	University of Pittsburgh	Estados Unidos
198	University of Southern California	Estados Unidos
199	Virginia Polytechnic Institute and State University	Estados Unidos
200	Waseda University	Japão

Nota: \*Esse Ranking é referente ao ano de 2016.

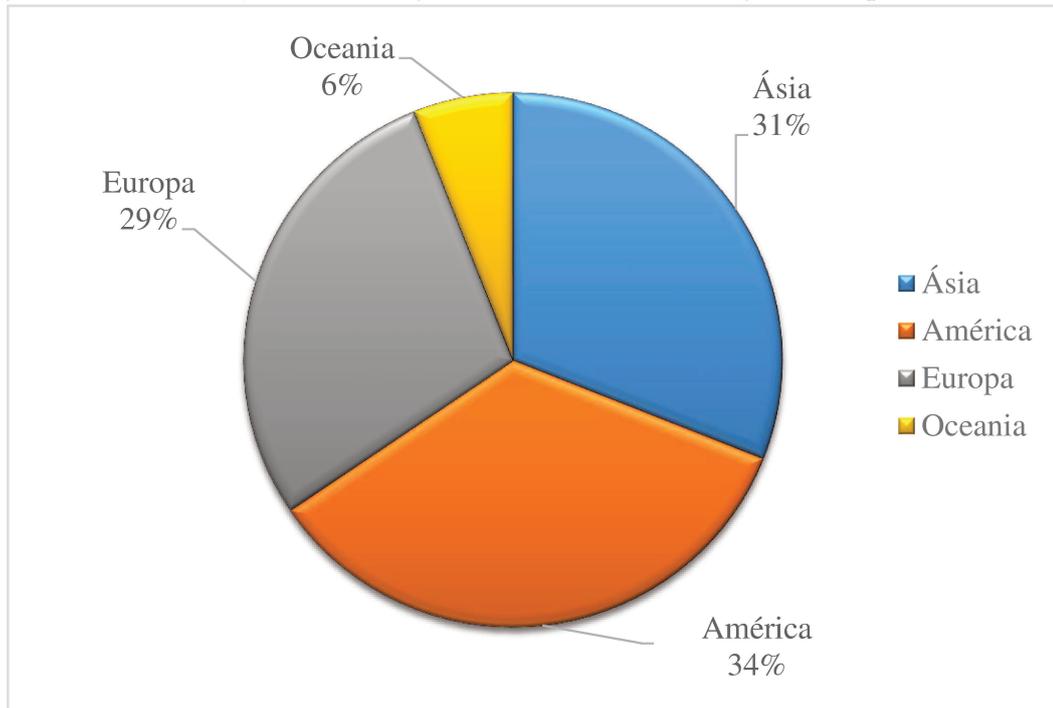
Construiu-se um gráfico para ter-se dimensão de quais regiões geográficas encontrava-se as melhores universidades com o curso de engenharia química (Figura B1 e Figura B2). Tomou-se como base o ranking em dois anos: em 2014 e em 2016. Escolheu-se colocar o ranking em dois anos distintos para mostrar que rankings universitários são sempre dinâmicos, fazendo com que mesmo as melhores universidades sempre estejam dispostas a se atualizarem e buscarem sempre uma melhoria em seu ensino.

Figura B1- Distribuição do ranking das universidades de engenharia química em 2014.



Já na Figura B2, representa o gráfico do ranking das melhores faculdades do mundo de Engenharia Química no ano de 2016.

Figura B2- Distribuição do ranking das universidades de engenharia química em 2016.



De acordo com o ranking da *QS Stars* percebe-se que as principais universidades de ensino da engenharia química se encontram divididas entre a Ásia, América e Europa. É possível notar que num espaço de dois anos, pouco flutuou a dominância de onde estavam os melhores cursos de engenharia. Saber quais são os cursos referências é importante, pois serão os ensinamentos de excelência que nortearão a formação adequada do futuro engenheiro químico.

Conforme mostrado na Figura B1 em 2014, as principais universidades do mundo distribuíam-se entre Ásia (32%), América (31,5%) e Europa (30,5%). O continente africano aparece em último colocado tendo apenas uma universidade entre as 200 melhores. E a Oceania aparece com 5,5% das melhores do mundo. É importante ressaltar que no continente americano, praticamente a maioria das universidades se encontra na América do Norte (Estados Unidos e Canadá).

De acordo com a classificação do *QS Stars* no Brasil, em 2014, tinha quatro universidades que se destacam entre as 200 melhores: USP (85°), UNICAMP (131°), UFMG (181°), UFRJ (182°)

Conforme pode-se observar na Figura B2, pouco mudou a divisão de onde se encontram as melhores faculdades de Engenharia Química do mundo. Em 2016, a América passou a ter 34% das faculdades entre as 200 melhores, enquanto que a Ásia teve 31%, a Europa 29% e a Oceania ficou com 6%. O continente africano que aparecia com uma faculdade entre as mais prestigiadas do mundo, não apareceu no ranking em 2016. Quando se analisa as universidades brasileiras, a USP subiu uma posição, encontrando-se em 84°, a UNICAMP teve uma melhora considerável no ranking de 133° foi para 85° enquanto que a UFRJ saltou de 182° para 132°.

## Anexo C – Questionário Versão Português

Nesse anexo é apresentado a versão em português do questionário que foi enviado aos especialistas para que este trabalho fosse realizado. A pesquisa foi conduzida entre abril a julho de 2017.

Prezado Senhor, Prezada Senhora,

Meu nome é Ana Beatriz Alves Borges, sou aluna de Doutorado da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas e estou desenvolvendo, junto com o professor Doutor Wagner dos Santos Oliveira, um trabalho sobre o Ensino da Engenharia Química. Para este trabalho será utilizado a metodologia Delphi.

Você está sendo convidado (a) para participar de nossa pesquisa sobre a análise da provável estrutura do curso de graduação do engenheiro químico.

Nesta pesquisa participarão os seguintes respondentes: professores, pesquisadores e gerentes que estejam envolvidos com as atividades da Engenharia Química, seja na indústria, academia e (ou) departamentos governamentais. Tem por finalidade prever como se dará a evolução do ensino da Engenharia Química em um futuro de 30-50 anos.

Clique na sua opção de resposta para cada questionamento. Na medida do possível procure responder a todas as afirmações, lembrando que as questões se referem ao ensino da Engenharia Química.

É necessário de 20-25 minutos para o preenchimento do questionário, formado por 27 perguntas. Os dados recebidos serão tratados com absoluto sigilo e utilizados apenas para fins estatísticos.

Sua participação é voluntária e anônima, não exigindo nenhum tipo de risco associado a este projeto. Caso se sinta desconfortável com qualquer questão, sinta-se à vontade para não responder.

Agradeço desde já sua colaboração.

Atenciosamente,

Ana Beatriz Alves Borges

a\*\*\*\*\*@gmail.com

1) Assinale, considerando as opções abaixo, em qual setor da Engenharia Química você exerce sua atividade:

Consultoria	
Cursos de Especialização	
Departamento Governamental	
Indústria	
Universidade	
Outros (quais)	

2) Marque a alternativa que melhor descreve sua experiência dentro da Engenharia Química:

Empresas de projeto	
Indústria	
Pesquisa acadêmica em parceria com a Indústria	
Profissional ligado à área governamental (Planejamento)	
Somente pesquisa acadêmica	
Outras (quais)	

3) Você prevê uma mudança drástica na grade curricular da Engenharia Química em:

5 anos	
10 anos	
20 anos	
30 anos	
50 anos	

4) Qual a carga horária ideal para o ensino da Engenharia Química?

Até 300 horas de aula	
De 300 a 400 horas de aula	
Acima de 400 horas de aula	
Outras (citar)	

5) Qual o intervalo de tempo ideal para rever e avaliar a estrutura do curso de Engenharia Química?

1 ano	
2 anos	
5 anos	
10 anos	
Outros (citar)	

6) A sua resposta anterior tem por base a análise do:

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Patrimônio científico com tendência a atingir viabilidade tecnológica					
Desenvolvimento tecnológico propriamente dito					
Necessidades sociais					

7) No curso de formação do Engenheiro Químico, a grade curricular deve ser:

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Muito teórico					
Equilíbrio entre teórico e prático					
Mais Prático					

8) Através de quais métodos é possível ampliar as práticas na Engenharia Química?

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Estágios em Indústrias Químicas					
Empresas de Projetos					
Desenvolvimento de Projetos Químicos					
Visitas Técnicas					

\*Outros Métodos (espaço em branco para livre resposta)

9) Assinale qual(is) seria(m) a(s) melhor(es) forma(s) de se avaliar um aluno de graduação em Engenharia Química?

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Avaliação eletrônica (exemplo: uso de clickers)					
Avaliação Oral					
Combinações das avaliações anteriores					
Provas Escritas					
Trabalhos em Grupos					
Trabalhos Individuais					

\*Outros Métodos (espaço em branco para livre resposta)

10) Sempre existiu um questionamento de como deveria ser a formação do professor universitário do curso de engenharia química. Em sua opinião, os professores do curso de engenharia química deveriam:

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Ter vivencia apenas em pesquisas acadêmicas					
Ter vivencia apenas em industrias					
Ter uma experiência tanto na área de pesquisas quanto industrial					

(Quadro em branco para justificar a resposta)

11) Você considera importante que os professores de Engenharia Química sejam obrigados a fazer um curso pedagógico antes de iniciar as atividades como professor?

Sim, o curso pedagógico forneceria uma didática melhor para o futuro professor	
Não, somente o conhecimento em engenharia do futuro profissional basta	
Somente se o professor quisesse enriquecer a experiência em sala de aula	

(Quadro em branco para justificar a resposta)

12) Profissionais com grande experiência em Indústrias Químicas e em Empresas de Projetos deveriam serem contratados em tempo parcial nas universidades como professores?

Não concordo em nada com a afirmação	
Concordo pouco com a afirmação	
Concordo parcialmente com a afirmação	
Concordo muito com a afirmação	
Concordo completamente muito com a afirmação	

(Quadro em branco para justificar a resposta)

13) Qual a importância das disciplinas complementares\*, no curriculum da graduação do Engenheiro Químico?

Muito Importante	
Relevante	
Pouco Importante	
Irrelevante	

\*por disciplina complementares entenda-se: todas as disciplinas que não sejam ligadas a atividades de Engenharia Química como as Operações Unitárias, Fenômenos de Transportes, Termodinâmica, Cinética, etc. e as disciplinas básicas como Físicas, Químicas e Matemáticas.

14) Quais das disciplinas listadas a seguir é fundamental no curriculum do curso de formação do Engenheiro Químico?

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Análise de Acidentes					
Direito					
Economia					
Ética e Moral					
Metodologias de Previsão Tecnológica					
Planejamento e Gestão de Empresas					
Psicologia & Sociologia					
Teoria de Localização Industrial					

\*Outras Disciplinas (espaço em branco para livre resposta)

15) Quais mudanças você propõe que sejam realizadas para melhorar a formação do Engenheiro Químico?

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Maior interação Professor/Aluno					
Mudança Drástica no Currículo					
Maior participação do aluno com as práticas da Engenharia Química					
Disciplinas Envolvendo casos reais do cotidiano do Engenheiro Químico					

\*Outras (espaço em branco para livre resposta)

16) Você acha que deveria existir uma disciplina obrigatória de análise de risco e segurança dos processos químicos na grade curricular?

Não concordo em nada com a afirmação	
Concordo pouco com a afirmação	
Concordo parcialmente com a afirmação	
Concordo muito com a afirmação	
Concordo completamente muito com a afirmação	

(Quadro em branco para justificar a resposta)

17) Os cursos de Engenharia Química têm em média de 4 a 5 anos. Qual período mais adequado para o início das matérias fundamentais da Engenharia Química?

	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano
Cinética					
Eletroquímica					
Cinética Química					
Processos Químicos					
Fenômenos de Transporte					
Instrumentação e Controle					
Materiais e Corrosão					
Operações Unitárias					
Reatores Químicos e eletroquímicos					
Simulação de modelagem					
Termodinâmica					

18) O Engenheiro Químico é um profissional conhecido pela sua versatilidade de funções. Podendo atuar nas mais diversas áreas do mercado; tais como: saúde, biotecnologia, farmacêutica, etc. Você acha que, ao final do curso de graduação, as universidades deveriam oferecer um semestre de aprofundamento na área desejada pelo aluno e solicitadas pelo mercado de trabalho?

Não concordo em nada com a afirmação	
Concordo pouco com a afirmação	
Concordo parcialmente com a afirmação	
Concordo muito com a afirmação	
Concordo completamente muito com a afirmação	

(Quadro em branco para justificar a resposta)

19) Você concorda com o uso de dispositivos eletrônicos (*clickers*, *PowerPoint*, *Datashow*, outros) em sala de aula?

Devem ser sempre usados durante todo o curso (ensino/aprendizado)	
Devem ser usados somente em alguns momentos da disciplina (ensino/aprendizado)	
Deveriam ser utilizados como métodos de avaliação	
Não devem ser usados (ensino/aprendizado)	

20) Com o esgotamento do petróleo como será alterado o curso/ensino nas seguintes categorias:

	Comente brevemente
Células Fotovoltaicas	
Corrosão	
Energias Alternativas	
Pilhas a Combustível	
Produção de Compostos Orgânicos e Inorgânicos	
Química Fina	
Reatores Eletroquímicos (cubas e Pilhas)	
Sinergia de Reatores Nucleares	
Técnicas de Separação e Purificação	

21) Com o avanço da tecnologia é cada vez mais fácil o acesso as teleconferências. Você acredita que futuramente a presença física do aluno em sala de aula será desnecessária em 30-50 anos?

A presença física do aluno sempre será necessária	
A presença do aluno não será necessária	
O aluno que deveria decidir se sua presença é relevante ou não em sala de aula	

(Em caso de necessidade, justifique sua resposta aqui)

22) A Engenharia Química, desde seu surgimento no séc. XIX, passou por diversas transformações. O campo de atuação do engenheiro Químico é bastante amplo. Qual área de concentração será o grande enfoque da Engenharia Química nos próximos 30-50 anos?

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Administração					
Biotecnologia					
Energia					
Espacial					
Médica					
Microeletrônica					
Militar					
Nanotecnologia					
Proteção Ambiental					
Segurança no Trabalho					
Superfícies de Interface					

(Em caso de necessidade, apresentar outra área além da citada)

23) Deveriam ser introduzidas disciplinas práticas na grade curricular, que traga problemas usuais e de indústrias a serem enfrentados por um futuro Engenheiro Químico? Justifique

Não concordo em nada com a afirmação	
Concordo pouco com a afirmação	
Concordo parcialmente com a afirmação	
Concordo muito com a afirmação	
Concordo completamente muito com a afirmação	

24) A formação de profissionais de pesquisa acadêmica na área engenharia química deveria ser diferenciada da formação de profissionais que pretendem atuar na indústria e projetos químicos? Justifique

Não concordo em nada com a afirmação	
Concordo pouco com a afirmação	
Concordo parcialmente com a afirmação	
Concordo muito com a afirmação	
Concordo completamente muito com a afirmação	

25) Seria correto afirmar que a Engenharia Química deixará de existir, da forma como é conhecida atualmente, para um cenário de 30-50 anos?

Não concordo em nada com a afirmação	
Concordo pouco com a afirmação	
Concordo parcialmente com a afirmação	
Concordo muito com a afirmação	
Concordo completamente muito com a afirmação	

Justifique quais seriam essas mudanças prováveis

26) O que você imagina que ocorrerá com o Ensino da Engenharia Química? Justifique

27) Você considera viável a formação do curso de engenharia eletroquímica? Justifique

## Anexo D – Dados Tabulados da Pesquisa

1) Assinale, considerando as opções abaixo, em qual setor da Engenharia Química você exerce sua atividade:

Consultoria	1,10%
Cursos de Especialização	0%
Departamento Governamental	0%
Indústria	1,10%
Universidade	<b>95,60%</b>
Outros (quais)	2,20%

2) Marque a alternativa que melhor descreve sua experiência dentro da Engenharia Química:

Empresas de projeto	0,00%
Indústria	3,41%
Pesquisa acadêmica em parceria com a Indústria	<b>48,86%</b>
Profissional ligado à área governamental (Planejamento)	1,14%
Somente pesquisa acadêmica	36,36%
Outras (quais)	10,23%

3) Você prevê uma mudança drástica na grade curricular da Engenharia Química em:

5 anos	16,88%
10 anos	<b>50,65%</b>
20 anos	24,68%
30 anos	1,30%
50 anos	6,49%

4) Qual a carga horária ideal para o ensino da Engenharia Química?

Até 300 horas de aula	29,63%
De 300 a 400 horas de aula	<b>45,67%</b>
Acima de 400 horas de aula	13,58%
Outras (citar)	11,11%

5) Qual o intervalo de tempo ideal para rever e avaliar a estrutura do curso de Engenharia Química?

1 ano	3,80%
2 anos	16,46%
5 anos	<b>45,57%</b>
10 anos	26,58%
Outros (citar)	7,59%

6) A sua resposta anterior tem por base a análise do:

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Patrimônio científico com tendência a atingir viabilidade tecnológica	3,85%	14,10%	<b>37,18%</b>	32,05%	12,82%
Desenvolvimento tecnológico propriamente dito	1,27%	7,59%	30,38%	<b>43,04%</b>	17,72%
Necessidades sociais	6,58%	14,47%	<b>31,58%</b>	<b>31,58%</b>	15,79%

7) No curso de formação do Engenheiro Químico, a grade curricular deve ser:

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Muito teórico	30,51%	25,42%	<b>32,20%</b>	11,86%	0,00%
Equilíbrio entre teórico e prático	1,27%	1,27%	7,59%	29,11%	<b>60,76%</b>
Mais Prático	22,95%	<b>34,43%</b>	29,51%	4,92%	8,20%

8) Através de quais métodos é possível ampliar as práticas na Engenharia Química?

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Estágios em Indústrias Químicas	1,30%	9,09%	14,29%	<b>37,66%</b>	<b>37,66%</b>
Empresas de Projetos	0,00%	15,79%	21,05%	<b>40,79%</b>	22,37%
Desenvolvimento de Projetos Químicos	1,30%	7,79%	14,29%	<b>48,05%</b>	28,57%
Visitas Técnicas	3,17%	14,29%	28,57%	<b>36,51%</b>	17,46%

\*Outros Métodos (espaço em branco para livre resposta)

9) Assinale qual(is) seria(m) a(s) melhor(es) forma(s) de se avaliar um aluno de graduação em Engenharia Química?

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Avaliação eletrônica (exemplo: uso de clickers)	21,21%	27,27%	<b>42,42%</b>	6,06%	3,03%
Avaliação Oral	4,29%	27,14%	<b>35,71%</b>	27,14%	5,71%
Combinações das avaliações anteriores	0,00%	4,29%	11,43%	40,00%	<b>44,29%</b>
Provas Escritas	0,00%	4,05%	24,32%	<b>47,30%</b>	24,32%
Trabalhos em Grupos	1,41%	12,68%	33,80%	<b>43,66%</b>	8,45%
Trabalhos Individuais	1,43%	15,71%	22,86%	<b>52,86%</b>	7,14%

\*Outros Métodos (espaço em branco para livre resposta)

10) Sempre existiu um questionamento de como deveria ser a formação do professor universitário do curso de engenharia química. Em sua opinião, os professores do curso de engenharia química deveriam:

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Ter vivência apenas em pesquisas acadêmicas	22,22%	23,81%	<b>46,03%</b>	4,76%	3,17%
Ter vivência apenas em indústrias	32,26%	25,81%	<b>35,48%</b>	4,84%	1,61%
Ter uma experiência tanto na área de pesquisas quanto industrial	1,28%	2,56%	12,82%	30,77%	<b>52,56%</b>

(Quadro em branco para justificar a resposta)

11) Você considera importante que os professores de Engenharia Química sejam obrigados a fazer um curso pedagógico antes de iniciar as atividades como professor?

Sim, o curso pedagógico forneceria uma didática melhor para o futuro professor	<b>68,42%</b>
Não, somente o conhecimento em engenharia do futuro profissional basta	1,32%
Somente se o professor quisesse enriquecer a experiência em sala de aula	25,00%
Outros	5,26%

(Quadro em branco para justificar a resposta)

12) Profissionais com grande experiência em Indústrias Químicas e em Empresas de Projetos deveriam serem contratados em tempo parcial nas universidades como professores?

Não concordo em nada com a afirmação	5,41%
Concordo pouco com a afirmação	6,76%
Concordo parcialmente com a afirmação	<b>35,14%</b>
Concordo muito com a afirmação	24,32%
Concordo completamente muito com a afirmação	28,38%

(Quadro em branco para justificar a resposta)

13) Qual a importância das disciplinas complementares\*, no curriculum da graduação do Engenheiro Químico?

Muito Importante	<b>51,35%</b>
Relevante	44,59%
Pouco Importante	4,05%
Irrelevante	0,00%

\*por disciplina complementares entenda-se: todas as disciplinas que não sejam ligadas a atividades de Engenharia Química como as Operações Unitárias, Fenômenos de Transportes, Termodinâmica, Cinética, etc. e as disciplinas básicas como Físicas, Químicas e Matemáticas.

14) Quais das disciplinas listadas a seguir é fundamental no curriculum do curso de formação do Engenheiro Químico?

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Análise de Acidentes	0,00%	6,94%	25,00%	<b>50,00%</b>	18,06%
Direito	4,29%	31,43%	<b>41,43%</b>	18,57%	4,29%
Economia	1,39%	4,17%	23,61%	<b>58,33%</b>	12,50%
Ética e Moral	0,00%	2,78%	19,44%	<b>47,22%</b>	30,56%
Metodologias de Previsão Tecnológica	0,00%	9,72%	<b>44,44%</b>	34,72%	11,11%
Planejamento e Gestão de Empresas	0,00%	8,33%	27,78%	<b>45,83%</b>	18,06%
Psicologia & Sociologia	4,17%	25,00%	<b>45,83%</b>	20,83%	4,17%
Teoria de Localização Industrial	6,94%	26,39%	<b>38,89%</b>	23,61%	4,17%

\*Outras Disciplinas (espaço em branco para livre resposta)

15) Quais mudanças você propõe que sejam realizadas para melhorar a formação do Engenheiro Químico?

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Maior interação Professor/Aluno	1,45%	15,94%	18,84%	<b>36,23%</b>	27,54%
Mudança Drástica no Currículo	20,59%	26,47%	<b>38,24%</b>	11,76%	2,94%
Maior participação do aluno com as práticas da Engenharia Química	1,43%	0,00%	17,14%	<b>54,29%</b>	27,14%
Disciplinas Envolvendo casos reais do cotidiano do Engenheiro Químico	1,41%	7,04%	7,04%	<b>46,48%</b>	38,03%

\*Outras (espaço em branco para livre resposta)

16) Você acha que deveria existir uma disciplina obrigatória de análise de risco e segurança dos processos químicos na grade curricular?

Não concordo em nada com a afirmação	1,43%
Concordo pouco com a afirmação	8,57%
Concordo parcialmente com a afirmação	18,57%
Concordo muito com a afirmação	<b>40,00%</b>
Concordo completamente muito com a afirmação	30,00%
Outros	1,43%

17) Os cursos de Engenharia Química têm em média de 4 a 5 anos. Qual período mais adequado para o início das matérias fundamentais da Engenharia Química?

	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano
Cinética					
Eletroquímica	5,71%	<b>44,29%</b>	38,57%	8,57%	2,86%
Cinética Química	17,14%	27,14%	<b>45,71%</b>	10,00%	0,00%
Processos Químicos	17,14%	<b>35,71%</b>	32,86%	12,86%	1,43%
Fenômenos de Transporte	5,71%	34,29%	<b>54,29%</b>	5,71%	0,00%
Instrumentação e Controle	0,00%	4,29%	12,86%	<b>67,14%</b>	15,71%
Materiais e Corrosão	8,57%	<b>28,57%</b>	27,14%	27,14%	8,57%
Operações Unitárias	4,29%	15,71%	<b>54,29%</b>	22,86%	2,86%
Reatores Químicos e eletroquímicos	1,43%	5,71%	<b>55,71%</b>	34,29%	2,86%
Simulação de modelagem	0,00%	7,14%	25,71%	<b>55,71%</b>	11,43%
Termodinâmica	7,14%	<b>52,86%</b>	37,14%	2,86%	0,00%

18) O Engenheiro Químico é um profissional conhecido pela sua versatilidade de funções. Podendo atuar nas mais diversas áreas do mercado; tais como: saúde, biotecnologia, farmacêutica, etc. Você acha que, ao final do curso de graduação, as universidades deveriam oferecer um semestre de aprofundamento na área desejada pelo aluno e solicitadas pelo mercado de trabalho?

Irrelevante	20,00%
Baixa Importância	14,29%
Média Importância	<b>25,71%</b>
Muito Importante	14,29%
Indispensável	17,14%
Outros	8,57%

(Quadro em branco para justificar a resposta)

19) Você concorda com o uso de dispositivos eletrônicos (*clickers*, *PowerPoint*, *Datashow*, outros) em sala de aula?

Devem ser sempre usados durante todo o curso (ensino/aprendizado)	41,43%
Devem ser usados somente em alguns momentos da disciplina (ensino/aprendizado)	<b>57,14%</b>
Deveriam ser utilizados como métodos de avaliação	1,43%
Não devem ser usados (ensino/aprendizado)	0,00%

20) Com o esgotamento do petróleo como será alterado o curso/ensino nas seguintes categorias:

	Comente brevemente
Células Fotovoltaicas	
Corrosão	
Energias Alternativas	
Pilhas a Combustível	
Produção de Compostos Orgânicos e Inorgânicos	
Química Fina	
Reatores Eletroquímicos (cubas e Pilhas)	
Sinergia de Reatores Nucleares	
Técnicas de Separação e Purificação	

21) Com o avanço da tecnologia é cada vez mais fácil o acesso as teleconferências. Você acredita que futuramente a presença física do aluno em sala de aula será desnecessária em 30-50 anos?

A presença física do aluno sempre será necessária	<b>51,43%</b>
A presença do aluno não será necessária	8,57%
O aluno que deveria decidir se sua presença é relevante ou não em sala de aula	15,71%
Outros	24,29%

(Em caso de necessidade, justifique sua resposta aqui)

22) A Engenharia Química, desde seu surgimento no séc. XIX, passou por diversas transformações. O campo de atuação do engenheiro Químico é bastante amplo. Qual área de concentração será o grande enfoque da Engenharia Química nos próximos 30-50 anos?

	Não concordo em nada com a afirmação	Concordo pouco com a afirmação	Concordo parcialmente com a afirmação	Concordo muito com a afirmação	Concordo completamente muito com a afirmação
Administração	10,61%	28,79%	<b>33,33%</b>	22,73%	4,55%
Biotecnologia	0,00%	1,47%	11,76%	<b>44,12%</b>	42,65%
Energia	0,00%	0,00%	4,35%	36,23%	<b>59,42%</b>
Espacial	7,46%	29,85%	<b>41,79%</b>	14,93%	5,97%
Médica	0,00%	17,11%	<b>34,21%</b>	<b>34,21%</b>	14,47%
Microeletrônica	0,00%	23,88%	<b>41,79%</b>	26,87%	7,46%
Militar	18,18%	<b>34,85%</b>	30,30%	12,12%	4,55%
Nanotecnologia	0,00%	17,11%	<b>34,21%</b>	<b>34,21%</b>	14,47%
Proteção Ambiental	0,00%	0,00%	10,14%	33,33%	<b>56,52%</b>
Segurança no Trabalho	1,47%	8,82%	27,94%	<b>36,76%</b>	25,00%
Superfícies de Interface	0,00%	5,58%	26,47%	<b>48,53%</b>	19,12%

(Em caso de necessidade, apresentar outra área além da citada)

23) Deveriam ser introduzidas disciplinas práticas na grade curricular, que traga problemas usuais e de indústrias a serem enfrentados por um futuro Engenheiro Químico? Justifique

Não concordo em nada com a afirmação	4,29%
Concordo pouco com a afirmação	10,00%
Concordo parcialmente com a afirmação	17,14%
Concordo muito com a afirmação	31,43%
Concordo completamente muito com a afirmação	<b>37,14%</b>

24) A formação de profissionais de pesquisa acadêmica na área engenharia química deveria ser diferenciada da formação de profissionais que pretendem atuar na indústria e projetos químicos? Justifique

Não concordo em nada com a afirmação	<b>46,38%</b>
Concordo pouco com a afirmação	24,64%
Concordo parcialmente com a afirmação	15,94%
Concordo muito com a afirmação	10,14%
Concordo completamente muito com a afirmação	2,90%

25) Seria correto afirmar que a Engenharia Química deixará de existir, da forma como é conhecida atualmente, para um cenário de 30-50 anos?

Não concordo em nada com a afirmação	<b>28,57%</b>
Concordo pouco com a afirmação	<b>28,57%</b>
Concordo parcialmente com a afirmação	27,14%
Concordo muito com a afirmação	12,86%
Concordo completamente muito com a afirmação	2,86%

Justifique quais seriam essas mudanças prováveis

26) O que você imagina que ocorrerá com o Ensino da Engenharia Química? Justifique

27) Você considera viável a formação do curso de engenharia eletroquímica? Justifique

Não	<b>78,57%</b>
Sim	11,90%
Outros	9,52%

## ANEXO E – Principais Associações e Instituições do Mundo.

Tabela E1 – Principais Associações e Instituições de Engenharia Química do Mundo

<b>Sigla</b>	<b>Associação ou Instituição</b>	<b>Site</b>
AAIQ	Argentinian Association for Chemical Engineers	<a href="http://www.aaiq.org.ar">http://www.aaiq.org.ar</a>
ABEQ	Associação Brasileira de Engenharia Química	<a href="https://www.abeq.org.br">https://www.abeq.org.br</a>
ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química	<a href="http://www.abiquim.org.br/">http://www.abiquim.org.br/</a>
ACS	American Chemical Society	<a href="https://www.acs.org/">https://www.acs.org/</a>
AGaEQ	Asociación Galega de Enxeñeiros Químicos	<a href="http://www.agaeq.es">http://www.agaeq.es</a>
AIChE	American Institute of Chemical Engineers	<a href="https://www.aiche.org">https://www.aiche.org</a>
AIDIC	Associazione Italiana Di Ingegneria Chimica	<a href="http://www.aidic.it">http://www.aidic.it</a>
AIQU	Association of Chemical Engineers of Uruguay	<a href="http://www.aiqu.org.uy">http://www.aiqu.org.uy</a>
ANZFChe	The Australian and New Zealand Federation of Chemical Engineers	<a href="http://www.anzfche.org">http://www.anzfche.org</a>
APCCHE	Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering	<a href="http://www.apcche.org/index.php/members">http://www.apcche.org/index.php/members</a>
ASEE	American Society for Engineering Education	<a href="http://www.asee.org">http://www.asee.org</a>
CPIQ	Colombian Association of Chemical Engineering	<a href="https://www.cpiq.gov.co">https://www.cpiq.gov.co</a>
CSChe	The Canadian Society for Chemical Engineering	<a href="http://www.cheminst.ca">http://www.cheminst.ca</a>
DECHEMA	Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie	<a href="http://dechema.de/en/The+DECHEMA.html">http://dechema.de/en/The+DECHEMA.html</a>
EFCE	European Federation of Chemical Engineering	<a href="http://efce.info">http://efce.info</a>
FEANI	Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingénieurs	<a href="http://www.feani.org/site/index.php">http://www.feani.org/site/index.php</a>
FEIQ	Federación Española de Ingenieros Químicos	<a href="http://www.feiq.es">http://www.feiq.es</a>
IChemE	Institution of Chemical Engineers	<a href="http://www.icheme.org">http://www.icheme.org</a>
IIChe	Indian Institute of Chemical Engineers	<a href="http://www.iiche.org.in/">http://www.iiche.org.in/</a>
IQE	Ingenería Química España	<a href="http://ww1.ingquimica.com">http://ww1.ingquimica.com</a>
KIChE	Korean Institute of Chemical Engineers	<a href="http://www.kiche.or.kr/english/">http://www.kiche.or.kr/english/</a>
SCEJ	The Society of Chemical Engineers of Japan	<a href="http://www.scej.org/en/">http://www.scej.org/en/</a>
SEFI	Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs •	<a href="https://www.sefi.be">https://www.sefi.be</a>
SFGP	Société Française de Génie des Procédés	<a href="http://www.sfgp.asso.fr/accueil/">http://www.sfgp.asso.fr/accueil/</a>

## **ANEXO F – ATA DA REUNIÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE CAMPINAS.**

Aos dezessete dias do mês de fevereiro de mil novecentos e setenta e seis, reuniram-se numa das salas desta Faculdade de Engenharia, os membros do Departamento de Engenharia Química. Estiveram presentes os professores: Saul D'Ávila, Mário Mendes, Alberto Luís, Cesar Santana, Ergílio, José Cláudio Moura, António Sales Luís e Wagner dos Santos Oliveira.

Aberta a sessão, foi proposto pelo Professor António Sales Luís e aprovada para ser debatida a seguinte ordem de trabalhos:

- 1) Secretariado das reuniões;
- 2) Estatutos da Unicamp;
- 3) História do Departamento de Engenharia Química;
- 4) Respectivas áreas;
- 5) Professor substituto para a chefia do Departamento;
- 6) Cursos, seminários e colóquios;
- 7) Livros e revistas;
- 8) Sistema de dimensões das unidades;
- 9) Notas sobre Fenômenos de Transporte;
- 10) Bases do Plano Curricular (II-4);
- 11) Situação dos colaboradores que estão realizando o mestrado e doutorado (proposta do Professor Mário Mendes de 12/2/76): responsabilidade do Departamento de Engenharia Química - assistência técnica: verba – assistência científica: orientação;
- 12) Esclarecimentos do Professor Sales Luís quanto ao plano curricular.

Quanto ao primeiro ponto ficou decidido que o Professor Wagner Oliveira se encarregasse do trabalho de secretariado das reuniões pelo período de três meses. Quanto ao 2º ponto, foram analisados os artigos 137, 147, 150, 152, 156. Sobre o 3º ponto da ordem de trabalhos (História do Departamento de Engenharia Química), foi lembrado pelo Professor Sales Luís que o departamento está em fase de implantação, explicando a seguir o processo de admissão dos atuais membros do Departamento e de outros elementos em via de admissão. Seguiu-se uma exposição do referido professor sobre as condições de elaboração do relatório apresentado em 1/11/75. O Professor Saul manifestando discordância em relação a certos

aspectos do plano curricular, proposto nesse relatório, fez incluir no item 12º da ordem do dia anteriormente citada, passando-se por isso para esse item, ou seja, o número doze da ordem de trabalhos, antecipação esta, aprovada por unanimidade. Seguiu-se a discussão tendo como ponto fundamental a divergência dos dois professores quanto as disciplinas de Fenómenos de Transporte e Termodinâmica dos Processos Irreversíveis, defendendo o Professor Sales Luís a ideia de que com a Termodinâmica dos Processos Irreversíveis se podem resolver problemas diversos de Engenharia Química, eliminando raciocínios viciosos originados por generalizações não válidas que os autores de Fenômenos de Transporte apresentam frequentemente. O Professor Saul, por seu lado, admitiu a existência de generalizações não válidas mas sobrepôs a isso a importância prática que ainda hoje é dada à disciplina nas diversas escolas. O Professor Cesar corroborou a opinião do Professor Saul afirmando que a Engenharia Química não se deve fundamentar nos Fenômenos de Transporte, contudo estes devem ser usados como auxiliares na formação do Engenheiro. O Professor Sales Luís defendeu seu ponto de vista quanto à insatisfação relacionada com a disciplina de Fenômenos de Transporte, chamando a atenção para os erros que ela leva a cometer e recordando que já havia distribuído um Nota (Fenômenos de Transporte, Termodinâmica dos Processos Irreversíveis e Plano Curricular do Curso de Engenharia Química) contendo críticas e levantando questões, que segundo sua opinião deverão ser respondidas pelos professores que defendem o ponto de vista contrário. O Professor Saul afirmou que em 90% está plenamente de acordo com as críticas apresentadas nessa Nota, mas mesmo assim insiste na vantagem de se incluir uma disciplina de Fenômenos de Transporte no plano curricular da Engenharia Química, ao que o Professor Sales Luís retorquiu, dizendo ser uma atitude perfeitamente incoerente. Continuando a exposição relativa ao item 12º, o Professor Sales Luis explicou a filosofia contida no plano curricular, tendo à medida que efetuava a exposição executando o seguinte quadro: (ver na folha a seguir). Segundo sua opinião acha que por um lado o Engenheiro Químico tem que ter uma sólida formação científica o que lhe é garantido pelas disciplinas denominadas de Ciência Aplicada, de rigor científico adequado; elas estabelecem a ponte para as disciplinas de Tecnologia. O grupo das disciplinas de Tecnologia, ambas ministradas com carácter formativo são intensamente impregnadas do espírito de metodologia e técnicas. Também segundo sua exposição, a disciplina de Termodinâmica dos Processos Irreversíveis fará a cúpula e permitirá ao aluno a percepção das lacunas ainda existentes no domínio das aplicações. Deste modo, o referido professor pretende que a termodinâmica dos Processos Irreversíveis seja uma disciplina de cúpula ao nível de graduação, mas uma disciplina básica pelo menos para certos setores da pós-graduação. Expôs ainda que para a integração das variáveis de natureza económica, há

disciplinas denominadas Técnico-Económicas, ministradas exclusivamente com o espírito de metodologias e técnicas devidamente fundamentadas. Como a hora fosse adiantada, decidiu-se dar por terminada a reunião, tendo sido marcada na altura nova data. Foi encerrada a sessão, da qual se lavrou a presente ata que depois de lida e aprovada, vai ser assinada nos termos legais.

3

TERMODINÂMICA DOS PROCESSOS IRREVERSÍVEIS		
⋮	⋮	
Eletroquímica e Física das Superfícies Mecânica dos Fluidos Eletromagnetismo Termodinâmica Macroscópica CIÊNCIA APLICADA (Rigor Científico-Técnico)	Operações Unitárias Transferência de Calor FORTE INCIDÊNCIA DE METODOLOGIAS	Otimização Marketing Custos VARIÁVEIS DE NATUREZA ECONÓMICAS
CARATER FORMATIVO		METODOLOGIAS

Quadro citado na página anterior da ata e exposto durante a Reunião do dia 17 de fevereiro de 1976.