

A inclusão da química verde na formação de técnicos para a indústria química: análise documental dos cursos ofertados pelos Institutos Federais

The inclusion of green chemistry in the training of professionals for the chemical industry: document analysis of courses offered by Federal Institutes

Recebido: 09/06/2021 | Revisado:
02/02/2023 | Aceito: 06/02/2023 |
Publicado: 22/03/2023

Renata Cristina Nunes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8451-6845>

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense – Cabo Frio
E-mail: nunesrenatac@gmail.com

Lucas de Souza Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7350-4248>

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense – Cabo Frio
E-mail: lucasgomesgbs@gmail.com

Hugo de Azevedo Bastos Pessanha Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7067-935X>

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense – Cabo Frio
E-mail: hugobastos2700@gmail.com

Como citar: NUNES, C. R.; GOMES, L. S.;
ROCHA, H. A. B.; A inclusão da química
verde na formação de técnicos para a
indústria química: análise documental dos
cursos ofertados pelos Institutos Federais.
**Revista Brasileira da Educação
Profissional e Tecnológica**, [S.l.], v. 1, n.
23, p. 1-16, e12659, mar. 2023. ISSN 2447-
1801.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Resumo

A indústria química vem buscando melhorar sua imagem de indústria poluente através da incorporação dos princípios da Química Verde (QV). É fundamental que os profissionais que vão atuar nessas empresas tenham uma formação voltada para a preocupação com a sustentabilidade. Dentre esses profissionais, incluem-se os técnicos em química e correlatos, como análises químicas, petróleo e gás e petroquímica. Neste trabalho, analisaram-se os documentos disponíveis nos sites dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia que oferecem esses cursos pela busca de termos relacionados à QV. No total, foram analisados 70 cursos. De um modo geral, observa-se que a incidência ainda é baixa e, no que tange às questões ambientais, ainda é maior a preocupação com o reparar do que prevenir.

Palavras-chave: Química Verde; Sustentabilidade; Ensino de Química; Cursos Técnicos.

Abstract

The chemical industry has sought to improve its image as a polluting industry through the incorporation of the principles of Green Chemistry (GC). It is essential that schools who prepare these professionals who will work in chemical industry have training focused on the concern with sustainability. These professionals include technicians in chemistry and related fields, such as chemical analysis, oil and gas and petrochemicals. In this work, we analyzed the documents available on the websites of the Federal Institutes of Education, Science and Technology that offer these courses through the search for terms related to GC. In total, 70 courses were analyzed. In general, it was observed that the incidence is still low and, with regard to environmental issues, there is even greater concern with repair than prevention.

Keywords: Green Chemistry; Sustainability; Chemistry Teaching; Professional Education.

1 INTRODUÇÃO

1.1 SUSTENTABILIDADE

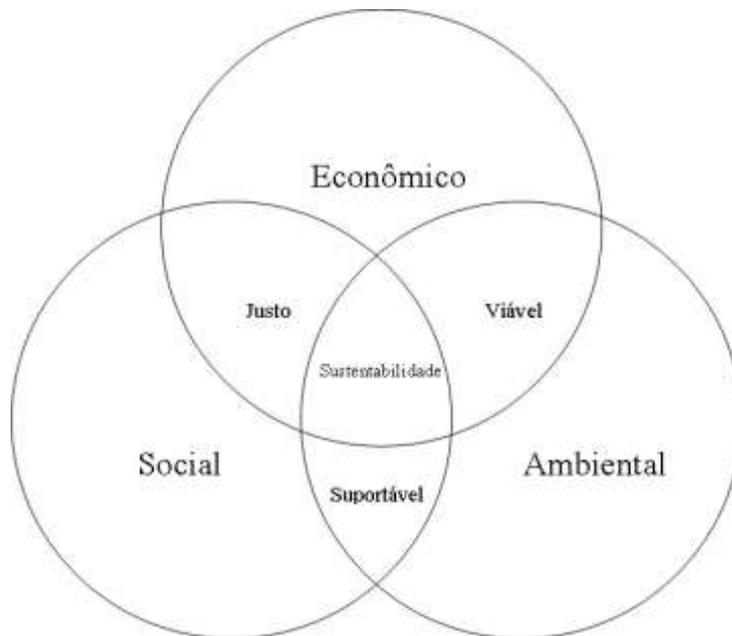
Tem havido um interesse crescente por questões relacionadas ao meio ambiente e nas formas sustentáveis de realizar as atividades humanas. Segundo Oliveira et al. (2012), devido ao acelerado crescimento ocorrido nas últimas décadas, a sociedade presenciou o agravamento de problemas como:

(...) concentração de riquezas, desigualdade social, desemprego, prejuízos ambientais, novas formas de abordagem em relação ao planeta, dificuldades nas relações entre as empresas, e destas com a sociedade, além de questões relacionadas à própria possibilidade de subsistência. Esses fatores fizeram surgir diversas correntes de pensamentos, estudos e pesquisas, com o objetivo de gerar um modelo que permita aliar estas formas de desenvolvimento com a melhora da interação humana com o meio ambiente e com outros seres humanos (OLIVEIRA et al., 2012, p. 70).

Foi nesse contexto que o termo sustentabilidade foi apresentado oficialmente em 1987 na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), da Organização das Nações Unidas (ONU), presidida pela ex-primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland (OLIVEIRA et al., 2012). A sustentabilidade é “[...] a capacidade de satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE e DESENVOLVIMENTO, 1988 *apud* OLIVEIRA et al., 2012, p. 71). Segundo esses autores, “O tema foi aceito como prioritário por praticamente todos os países, e isso elevou a importância dessa discussão também no mundo empresarial (OLIVEIRA et al., 2012, p. 71)”. De acordo com Trevisan *apud* Oliveira et al. (2012, p. 71), a “[...] responsabilidade socioambiental deixou de ser uma opção para as organizações, ela é uma questão de visão, estratégica e, muitas vezes, de sobrevivência”.

A sustentabilidade tem como pilares o ambiente (planeta), social (pessoas) e econômico (lucro) (ELKINGTON, 1994), conhecida como *Triple Bottom Line* ou Tripé da Sustentabilidade. Esse conceito também é conhecido como os 3P's da Sustentabilidade: People, Profit e Planet. Segundo Silvestre e Amaro (2014) os três P's devem ser considerados simultaneamente. A interseção desses aspectos, assim como as dimensões oriundas, é mostrada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Figura 1: Tripé da Sustentabilidade



Fonte: Elaborado pelos autores. Adaptado de Oliveira et al. (2012).

Desses três pilares, o ambiental merece destaque nesse trabalho. Claro et al. (2008) subdivide-o em três grupos sendo que o primeiro foca na ciência ambiental e inclui ecologia, diversidade do hábitat e florestas. O segundo inclui qualidade do ar e da água (poluição) e a proteção da saúde humana por meio da redução de contaminação química e da poluição. A terceira subdimensão foca na conservação e na administração de recursos renováveis e não renováveis e pode ser chamada de sustentabilidade dos recursos. Claro e Claro (2014) complementam que

A sustentabilidade ecológica, como uma das três dimensões, estimula empresas a considerarem o impacto de suas atividades no ambiente e contribui para a integração da administração ambiental na rotina de trabalho. Na prática, isso significa redução dos efeitos ambientais negativos por meio de monitoramento, integração de tecnologia no processo, análise de ciclo de vida do produto e administração integrada da cadeia de produção (CLARO, CLARO, 2014, p. 294).

1.2 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE QUÍMICA AMBIENTAL E/OU QUÍMICA VERDE NOS CURRÍCULOS DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Para dar conta desses novos desafios, no que tange à legislação brasileira, foi aprovada em 1999 a Política Nacional de Educação Ambiental através da Lei Federal nº. 9.795/1999. Essa lei determinou a obrigatoriedade do desenvolvimento da

educação ambiental junto à formação profissional. O Inciso IV do Art. 9º da Seção II, determina que a educação ambiental seja efetivada no âmbito dos currículos da educação profissional, o que é reforçado no § 3º do Art. 10, que estabelece: [...] nos cursos de formação e especialização técnico-profissional, em todos os níveis, deve ser incorporado conteúdo que trate da ética ambiental das atividades profissionais a serem desenvolvidas (BRASIL, 1999). Essa lei compreende a educação ambiental para, entre outros fins, zelar pela conservação do ambiente. O documento orienta ainda que a educação ambiental não deva ser introduzida como uma disciplina nos cursos, mas sim como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis de ensino. A QV deve seguir um caminho parecido, como defendem autores como Marquez e Silva, ao afirmarem que

Através dos estudos de fenômenos químicos e físicos ocorridos na natureza como processos endotérmicos e exotérmicos, mudanças de estados físicos da matéria, evapotranspiração e fotossíntese, é possível apontar onde a química verde pode ser inserida dentro do contexto do ensino da química de forma continuada (MARQUEZ; SILVA, 2008, p. 1).

Destaca-se ainda a Resolução CNE/CP nº 2, de 15/06/2012, que instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais de Educação Ambiental e determina a obrigatoriedade da inserção da educação ambiental em todas as modalidades e níveis de ensino. Esse documento ressalta a importância da responsabilidade socioambiental dos futuros profissionais.

1. Em todas as áreas profissionais, promover a Educação Ambiental, o estudo sobre os fundamentos da Educação Ambiental, legislação ambiental e gestão ambiental aplicáveis às respectivas áreas e atividades profissionais e empresariais;
2. Reflexão a partir da dimensão socioambiental específica relacionada a cada habilitação profissional e ao exercício de cada atividade produtiva e laboral;
3. Incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento de tecnologias e práticas produtivas limpas e apropriadas que permitam a sustentabilidade nas atividades econômicas, considerando processos desde a matéria-prima até o descarte final de resíduos e abordando o consumo sustentável;
4. Inclusão obrigatória de atividade curricular/disciplina ou projetos interdisciplinares voltados à gestão e legislação ambientais, bem como à responsabilidade socioambiental (BRASIL, 2012, p.4-5).

A Química também foi impactada por esses movimentos descritos anteriormente e criou um movimento conhecido como química verde (QV). Química verde pode ser definida como “a invenção, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos visando reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas” (ANASTAS; KIRCHHOFF, 2002 *apud* MAXIMIANO et al.,

2009). Em 1998, Anastas e Kirchof resumiram os conceitos por trás do desenvolvimento e concepção de produtos ambientalmente menos tóxicos em tópicos que são conhecidos como “Os doze princípios da Química verde”: 1. Prevenção de resíduos. 2. Economia atômica. 3. Síntese de produtos menos perigosos. 4. Desenvolvimento de produtos seguros. 5. Solventes e auxiliares químicos mais seguros. 6. Eficiência energética. 7. Fontes renováveis de matéria-prima. 8. Evitar a formação de derivados. 9. Catálise. 10. Desenvolvimento no sentido da degradação. 11. Prevenção da poluição. 12. Química intrinsecamente segura (LENARDÃO et al., 2003).

1.3 PROPOSTAS PARA INCLUSÃO DA QV NOS CURRÍCULOS: DESAFIOS E POSSIBILIDADES

Segundo Tinnesand e Sitzman (2010), incluir a QV em currículos do Ensino Médio apresenta algumas barreiras, tais como: cursos com disciplinas já sobrecarregadas de conteúdos; estudantes que não conseguem fazer a diferenciação entre química ambiental e química verde; práticas mais verdes podem ser mais caras.

Com relação à primeira crítica, Burmeister et al. (2012) descrevem três modelos diferentes nos quais a introdução pode ocorrer: incorporação dos princípios da QV em procedimentos experimentais, incorporação de estratégias sustentáveis como conteúdo no currículo de química e, por fim, uso de questões de sustentabilidade associadas a aspectos sócio científicos. Essas colocações mostram que não é necessário reformular os cursos incluindo disciplinas de QV. É possível que o conteúdo seja trabalhado em disciplinas já existentes e de forma interdisciplinar. Tinnesand e Sitzman (2010) afirmam que a QV pode contribuir para reforçar diversos conceitos básicos de Química, como velocidades de reação, catálise, ciclos químicos, energia, termoquímica, lei de conservação da matéria, estequiometria, solubilidade, mudança de fases, química orgânica e sínteses. Além disso, até 2022 deve entrar em vigor a nova Base Nacional Comum Curricular que preconiza que, dentre outros objetivos, deve ser desenvolvido nos estudantes “Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários (BRASIL, 2018, p. 4).”

Aranda (2017), coordenador do Greentech (Laboratório de Tecnologias Verdes) lembra que o Brasil possui mais de 400 usinas de etanol e biodiesel e mais de 30 bilhões de biocombustíveis sendo produzidos e consumidos. O autor sugere que procedimentos experimentais como fermentação alcoólica e transesterificação de óleos vegetais ocorrem em temperaturas e pressões amenas o que permite a realização de experimentos com vidraria e equipamentos baratos. Ele acrescenta que o monitoramento da reação é fácil, seja pelo teor alcoólico ou pela formação visual de glicerina.

Quando se analisa a segunda crítica, observa-se que na verdade ela deve ser encarada como um estímulo à inclusão da QV e não como uma barreira. Tanto a química ambiental quanto a química verde devem ser trabalhadas em sala de aula para que, além de todas as vantagens que as duas trazem para a formação de cidadãos críticos e profissionais responsáveis, eles sejam capazes de entender as

diferenças entre as áreas. De acordo com a Divisão de Química Ambiental da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) “a Química ambiental estuda os processos químicos que ocorrem na natureza, sejam eles naturais ou ainda causados pelo homem, e que comprometem a saúde humana e a saúde do planeta como um todo (SBQ, 2020)”. Para diferenciar os dois conceitos ressalta-se que a QV “aplica processos químicos visando a redução ou eliminação de substâncias tóxicas” (ALMEIDA et al., 2019, p. 182). Os autores evidenciam que ambas têm em comum o objetivo final, a sustentabilidade e a preocupação com o meio ambiente.

Finalmente, a última crítica coloca a questão econômica. A QV preconiza a geração de menos resíduos e isso pode ser alcançado partindo-se de atividades experimentais em escala reduzida. Dessa forma, é possível realizar praticamente todos os experimentos que já são feitos, gastando-se menos reagentes e conseqüentemente tornando-as mais baratas. Além disso, há diversos registros na literatura de práticas mais verdes como extração de produtos naturais utilizando CO₂ líquido (MACKENZIE et al., 2004) e reação relógio com reagentes mais seguros (WRIGHT; REED, 2002). Bassetti e Silva et al. (2016) descrevem em seu trabalho a produção do bioplástico, síntese da dibenzalacetona, cromatografia em coluna de açúcar usando hibisco, produção de biodiesel etílico a partir de óleos residuais e reações com ultrassom. Trabalhos descrevendo atividades experimentais com o objetivo de obter biodiesel também tem sido bastante comuns (OLIVEIRA et al., 2017) e (PAULETTI; RITTER, 2016). Esses experimentos permitem também incluir princípios de Química verde nos mesmos como eficiência atômica, eficiência energética, uso de matérias primas renováveis e desenvolvimento de produtos seguros. Para os docentes, hoje há diversas instituições que disponibilizam bases de dados com materiais didáticos gratuitamente. O Michigan Green Chemistry Clearinghouse que disponibiliza diversos recursos teóricos e para aulas laboratoriais para o ensino de QV. Cita-se também o beyondbenign - Green chemistry education que tem a missão de “fornecer aos educadores as ferramentas, treinamento e suporte para fazer a QV parte integrante da educação química”. O Green Chemistry Institute que promove conferências, pesquisas, ações educativas e de disseminação de informações sobre QV.

1.4 QUÍMICA VERDE NAS EMPRESAS

Gomes et al. trazem elementos importantes para reforçar a importância da formação de profissionais para a indústria petroquímica que tenham conhecimento de QV.

No setor petroquímico, têm-se buscado alternativas que envolvam menores impactos ambientais, utilizando fontes renováveis, plásticos biodegradáveis e bioplásticos, apesar de ser uma indústria que utiliza insumos de origem fóssil, não renováveis. Há, nesse setor, necessidades e oportunidades emergentes, relacionadas ao desenvolvimento de produtos e à utilização de processos ambientalmente mais amigáveis. Os temas sustentabilidade e eco eficiência (ecoeficiency) têm estimulado o desenvolvimento de novos materiais, produtos e processos; a química verde vem catalisando esforços em torno do desenvolvimento de plásticos biodegradáveis - biopolímeros, por exemplo - e a busca pela utilização de insumos de

fontes renováveis. Um exemplo aplicado no Brasil é o da Braskem, uma companhia especializada em resinas termoplásticas que vem consolidando o "plástico verde", ou polietileno (PE) "verde", um produto que utiliza a rota do álcool (etanol) de cana de açúcar, ao invés da rota a partir da nafta. O objetivo primordial da Química Verde combinado com uma Biorrefinaria é produzir produtos químicos genuinamente verdes e sustentáveis (GOMES et al., 2018, p.86).

Marcos de Oliveira (2017) traz mais dados a respeito desse biopolímero desenvolvido pela Braskem que ajudam a reforçar o impacto que a QV já tem no setor petroquímico e potencial para novos produtos. A empresa o comercializa com vários países, os quais por sua vez o utilizam na elaboração de mais de 150 produtos como embalagens, produtos de higiene e limpeza, sacolas plásticas, bebidas lácteas e nos cosméticos. O seu desenvolvimento teve a participação de engenheiros, químicos e técnicos e teve o investimento de 290 milhões de dólares. O autor traz ainda a experiência bem sucedida de outra empresa brasileira, a Nexoleum que utiliza óleo vegetal de soja para substituir um produto petroquímico (dioctilftalato - DOP) para a produção do policloreto de vinila (PVC). O produto pode custar até 10% mais barato do que o DOP. Durante muito tempo foi vigente o discurso de que o baixo preço do petróleo, de certa forma era um empecilho para o desenvolvimento de novos produtos, pois os mesmos custariam mais caro. No entanto, essa realidade bem mudando e Bomgardner (2020) relata que está havendo demanda por alternativas de origem biológica renováveis. Isso porque muitos consumidores estão interessados não apenas em preços baixos, mas também em sustentabilidade, melhor desempenho ou ambos.

Muitas empresas veem ainda vantagens no chamado marketing verde também chamado de marketing ambiental ou marketing ecológico, que segundo Lopes e Pacagnan “deve estar pautado em práticas ambientalmente corretas, com o intuito de gerar produtos e serviços mais sustentáveis, fortalecendo a imagem das empresas e diferenciando suas marcas no mercado (LOPES; PACAGNAM, 2013, p.116).” Esses autores ainda vão além ao afirmar que “Em regiões mais desenvolvidas, em que a consciência ambiental é maior, a variável preço tem menos influência no momento da compra e, por apresentarem características ambientais, aumenta o poder da venda desses produtos. (*ibidem*)”

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa pode, segundo critérios definidos por Gil (2002), ser classificada como descritiva, pois busca conhecer melhor a formação de técnicos de nível médio que podem atuar nas indústrias que tenham conhecimento de QV. Com relação aos procedimentos técnicos utilizados, classifica-se como pesquisa documental primária, utilizando-se os Projetos Pedagógicos de Curso (PPC) ou matrizes curriculares de técnicos de nível médio de Química, Análises Químicas, Petroquímica e Petróleo e Gás ofertados por Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IF). Os cursos de Química e Análises Químicas foram analisados em um único grupo, da mesma forma considerou-se um segundo grupo os cursos de Petroquímica e Petróleo e Gás, ainda que sejam cursos bastante distintos. Segundo

o Conselho Regional de Química (CRQ) – terceira região, Rio de Janeiro, todos os cursos são considerados “profissões de química” e obrigam o registro em CRQ’s para o exercício nas respectivas áreas.

A primeira etapa dessa pesquisa foi o levantamento de Institutos Federais que oferecem os cursos técnicos da área de Produção Industrial. Esse levantamento foi realizado através do portal do MEC e dos sites das respectivas instituições. Em seguida levantou-se o projeto pedagógico dos cursos supracitados de cada campus através do site de cada instituto que oferece os cursos, e quando não disponível, apenas a matriz curricular. A relação completa dos cursos analisados encontra-se no **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

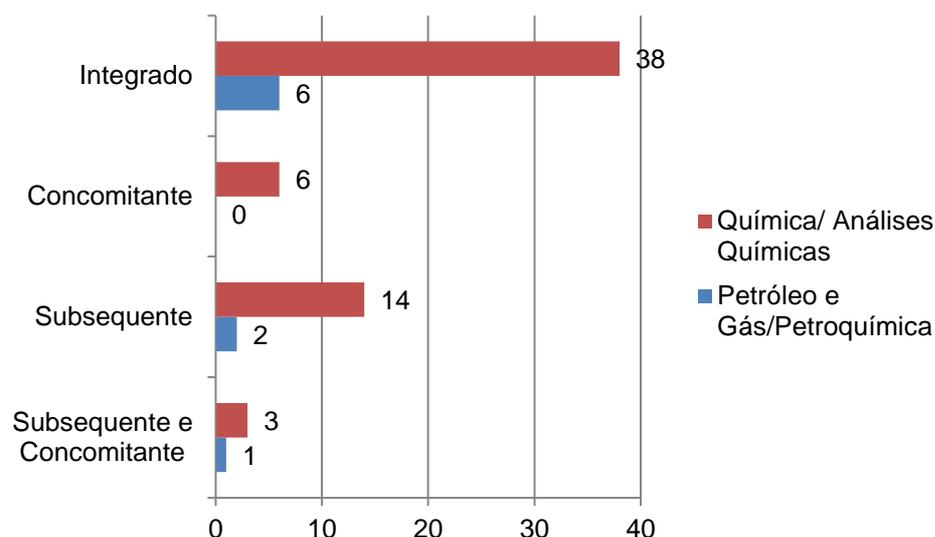
Para fazer a análise dos PPC’s foram definidos termos relacionados à Química Verde. Esses termos foram: química verde, química ambiental, catálise, eficiência atômica, prevenção da poluição, energia limpa, biomassa, sustentabilidade, detecção ambiental, tratamento de resíduos, toxicologia, legislação ambiental, economia atômica, poluição da água e matriz energética. Termos similares como, por exemplo, energia renovável, ecotoxicologia, desenvolvimento sustentável e controle ambiental foram aceitos dentro dos seus respectivos termos originários.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante das pesquisas realizadas na primeira etapa do projeto pelo portal do MEC e pelos sites das Instituições, foram encontrados 72 campi que ofertam o curso técnico de Química/Análises Químicas e 14 de Petróleo e Gás/Petroquímica. Para facilitar a leitura, desse ponto em diante a referência a esses cursos que foram agrupados será feita denominando-os de Química e Petróleo, respectivamente.

Alguns campi ofertam o mesmo curso de Química em diferentes modalidades (Integrado ao ensino médio, concomitante e/ou subsequente) sendo assim a oferta desses cursos aumenta para 92, enquanto os de Petróleo mantêm-se em 14 por serem ofertados em uma única modalidade. Desse montante, apenas 61 cursos de Química e 9 de Petróleo disponibilizam documentos referentes aos cursos. Destaca-se que esses cursos são ofertados em modalidades diversas, conforme mostrado no Gráfico 1. A partir desses dados, observa-se que cerca de 53% dos cursos técnicos de Química são ofertados na modalidade integrada enquanto esse índice é de 67% para os cursos de Petróleo. Esse dado é importante, pois na modalidade integrada além das disciplinas técnicas, os alunos têm também disciplinas propedêuticas, como história, geografia, biologia e a própria química, sendo assim há um maior número de conteúdos durante o curso que também podem incorporar conceitos da QV.

Gráfico 1: Modalidades nas quais são ofertados os cursos técnicos de nível médio analisados nessa pesquisa.



Fonte: elaborado pelos autores (2020).

Os resultados encontrados a partir da busca pelos termos de interesse nos documentos são mostrados na **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Alguns dos termos buscados não tem relação direta com os Princípios da QV, como Poluição da água e Tratamento de Resíduos, mas suas ocorrências podem contribuir para a compreensão do enfoque que vem sendo dado para a questão ambiental nos cursos.

Tabela 1: Ocorrência dos termos pesquisados nos documentos analisados dos cursos.

Termo Pesquisado	Cursos de Química	Cursos de Petróleo
Química Verde	2	0
Química Ambiental	32	0
Catálise	30	4
Eficiência Atômica	0	0
Prevenção da Poluição	7	1
Toxicologia	25	3
Energia Limpa	8	3

Biomassa	12	2
Sustentabilidade	23	6
Legislação Ambiental	29	3
Economia Atômica	1	0
Poluição da Água	31	2
Matriz Energética	9	4
Detecção Ambiental	5	0
Tratamento de Resíduos	56	6

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A expressão química verde surge em apenas dois cursos de Química e em nenhum de Petróleo. Estimava-se que 2020 haveria uma participação da química verde em até 10% da oferta dos produtos petroquímicos (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010). A ausência de profissionais preparados para atuar nesses processos mais verdes é uma questão a ser refletida pelas instituições de ensino. É ainda mais surpreendente que química ambiental não surja em nenhum dos cursos da área de Petróleo enquanto que poluição da água ocorre em apenas dois. Nos cursos de química, a química ambiental é ofertada em 32 dos cursos analisados, disciplina na qual é bastante provável que seja trabalhado o tema poluição da água já que o número de ocorrências é similar.

Uma possível explicação para a baixa ocorrência do termo química verde é que a maior parte dos docentes não recebe nenhuma formação que a englobe, como pode ser visto em outros trabalhos. Marques et al. (2007) realizaram entrevistas com professores de Química e concluíram que sua inserção em salas de aula ainda é baixa. Santos e Royer (2018) entrevistaram 60 estudantes do 3º ano do Ensino Médio e que em torno de 60% desses estudantes nunca havia ouvido falar em química verde e que, segundo os próprios estudantes, temas como poluição da água, ar e solo são tratados de forma superficial. Apesar de a QV apresentar-se como uma proposta para minimizar os impactos da atividade industrial, sua inclusão deve ocorrer no ambiente escolar. Zuin et al. observam que a conscientização deve iniciar dentro da sala de aula, ou seja, “[...] a QV tem potencial para formar sujeitos mais críticos, capazes de se posicionarem frente aos problemas sócio ambientais e apreciadores de tecnologias mais sustentáveis” (ZUIN et al., 2015, p. 1). Gonçalves percebeu essa ausência de postura crítica ao analisar projetos de estudantes de ensino técnico durante uma feira científica e tecnológica. Em sua análise ele destaca que “não se pode perceber nenhum vestígio de criticidade, como relacionar as questões sociais,

históricas, culturais e econômicas em suas concepções ambientais” (GONÇALVES, 2013, p. 143).

O termo mais recorrente nos cursos analisados (ao lado de sustentabilidade nos cursos de Petróleo) é tratamento de resíduos que está entre as atribuições desses profissionais. Segundo o Conselho Federal de Química (1974), são atribuições do técnico em Química: Direção, Supervisão e Responsabilidade Técnica; Controle de Operações e Processos; Desempenho de Cargos e Funções Técnicas; Pesquisa e Desenvolvimento; Análise Química e Físico-Química, Padronização e Controle de Qualidade; Produção e Tratamento de Resíduos; Operação e Manutenção de Equipamentos. Ressalta-se que as duas primeiras atribuições são limitadas a empresas de pequeno porte (CFQ, 2006).

Apesar da importância que o tratamento dos resíduos possui para o meio ambiente, segundo os princípios da QV a indústria deve preocupar-se em minimizar a geração dos mesmos na origem, principalmente se forem tóxicos à vida ou ao meio ambiente. A ocorrência do termo é muito superior ao de prevenção da poluição, que é o ideal nesse novo contexto para o qual a QV pretende contribuir. Machado destaca a sua importância para a Indústria.

A prevenção da poluição (abreviadamente, P2) foi prescrita pelo Pollution Prevention Act (EUA, 1990) para reduzir a quantidade de poluentes e resíduos produzidos genericamente pelos processos industriais e, naturalmente, adquiriu desde logo grande relevância no campo da Indústria Química. A prevenção da poluição significou uma profunda mudança de paradigma de gestão ambiental ao contrário das estratégias de controlo de poluição clássicas, baseadas na retenção dos poluentes após a sua produção, visava privilegiar a alteração do processo químico e o aumento da sua eficiência para reduzir a quantidade de poluentes e resíduos formados nas instalações industriais (MACHADO, 2011, p. 536).

Machado ainda alerta que a conotação da QV com atividades como tratamento de resíduos e a deposição segura é tênue e para que sejam realizadas com respeito ao meio ambiente, devem exigir contribuições da QV. Além disso, para a efetiva prevenção da poluição, lembrando que esse é um dos doze princípios da QV, é necessário que a detecção ocorra em tempo real. No entanto, detecção ambiental está presente em apenas cinco dos cursos de Química/Análises Químicas analisados e em nenhum de Petróleo e Gás/Petroquímica.

Conforme discutido anteriormente, a QV deve estar disseminada ao longo do curso e não como uma disciplina única. Vários dos seus conceitos podem facilmente ser incluídos em outras disciplinas. Um exemplo disso é catálise que tradicionalmente já é trabalhada juntamente com cinética química. Entretanto, quando não são apresentados para os estudantes conceitos como economia ou eficiência atômica, como revelam os dados dessa pesquisa, perde-se a oportunidade dessa inclusão. Esses conceitos poderiam, ainda, ser apresentados no momento em que são estudados os cálculos estequiométricos envolvendo reações químicas. Nos cursos técnicos integrados ao ensino médio, há ainda há possibilidade de trabalhos interdisciplinares com geografia, biologia, física, entre outras que além de ajudarem

ao desenvolvimento da questão holística sobre meio ambiente, pode contribuir para o aumento da visão crítica nos discentes.

Outros conceitos relevantes como biomassa, matriz energética e energia limpa que tiveram tão baixa ocorrência também podem ter espaço em atividades teóricas e experimentais, como exemplo tem-se a produção do biodiesel. Gomes *et al.* (2018) destacam o potencial e pioneirismo no Brasil na produção e utilização da biomassa.

O Brasil se encontra em uma posição privilegiada para assumir a liderança no aproveitamento integral das biomassas pelo fato de possuir a maior biodiversidade do planeta; possuir intensa radiação solar; água em abundância; diversidade de clima e pioneirismo na produção de bicombustíveis da biomassa em larga escala, com destaque para a indústria canavieira, o etanol (GOMES *et al.*, 2018, p. 87).

De acordo com os Referenciais Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico para a área de Química, uma das competências esperadas para esses profissionais é “Interpretar procedimentos, normas ambientais internacionais e a legislação ambiental aplicável ao setor industrial” (BRASIL, 2000, p. 28). Entretanto, esse tópico emerge em menos de 50% dos cursos da área de química e em 33% dos cursos na área de Petróleo. Esse mesmo documento, em suas bases tecnológicas, traz que “Propriedades físicas, químicas e dados toxicológicos dos produtos químicos manuseados.” (BRASIL, 2000, p.29). Não obstante, como pode ser visto na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, a expressão toxicologia ocorreu em apenas 25 cursos da área de Química.

As questões ambientais, de forma geral, gritam por uma urgência de ações nos âmbitos social, político e econômico diante da enorme crise que temos vivenciado com dados constantes a respeito de aumento de temperatura global, derretimento de geleiras, risco de escassez de recursos básicos como água, queimadas criminosas em ecossistemas de suma importância para a vida na terra, dentre outros. As instituições de ensino precisam incorporar essas discussões em suas práticas para que tenhamos cidadãos mais críticos e conscientes das conseqüências de suas ações.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da lenta incorporação da QV no cenário industrial, há uma pressão ascendente para que os processos sejam esverdeados. A indústria brasileira tem exemplos muito bem sucedidos de processos mais verdes, que não são necessariamente mais caros do que os tradicionais. Mesmo que os processos se tornem mais onerosos, há outras formas de recuperar o investimento e o aumento dos custos. As empresas têm benefícios com o chamado “marketing verde” e muitos consumidores têm disposição em pagar mais caro por produtos que causem menos agressão ao meio ambiente. O perfil do consumidor está mudando e começa a haver

preocupação na escolha de produtos que geram plástico como lixo, que emitem muitos gases do efeito estufa durante a sua produção.

No entanto, essa forte mudança de paradigma não deve ser preocupação e vista como obrigação apenas da indústria. É fundamental que as instituições de ensino revejam suas matrizes curriculares para a inclusão dos conhecimentos acerca da QV. Como foi mostrado, alguns dos processos desenvolvidos na indústria, envolveram a participação direta de técnicos, o que reforça a importância desses profissionais saírem formados com uma visão de procedimentos que possam ser mais sustentáveis.

A análise dos documentos disponibilizados pelos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia revelou que a presença de conceitos de Química verde nos cursos técnicos em Química ainda é muito baixa. Mesmo quando são analisados conceitos relacionados à Química ambiental, que é mais tradicionalmente oferecida, como Legislação Ambiental, Poluição da Água e Toxicologia observa-se que há um longo caminho pela frente. Anastas e Beach (2009) colocam que os químicos já se acostumaram que lidar com substâncias tóxicas, explosivas e carcinogênicas faz parte da profissão e que a única possibilidade para diminuir o risco é minimizando a exposição. Quando se pensa em currículos verdes, os riscos e desperdício de material podem ser enxergados como oportunidades para repensar as práticas com inovações, levando-se mesmo a experimentos mais baratos. Os estudantes ganham conhecimento no ciclo de vida dos materiais, ética ambiental e são capacitados para inclinações profissionais mais morais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e ao IFFluminense pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Queli. A. R. et al. Química verde nos cursos de Licenciatura em química do Brasil: mapeamento e importância na prática docente. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 15, ed. 34, p. 178-187, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/6971>. Acesso em: 13 jul. 2020.

ANASTAS, Paul. T.; BEACH, Evan. S. Changing the course of chemistry. In: LEVY, Irvin. J.; PARENT, Kathryn. E. (Org). **Green Chemistry Education: Changing the Course of Chemistry**. 1ª ed, Estados Unidos: American Chemical Society, 2009. p. 1-18. Disponível em: <https://pubs.acs.org/isbn/9780841274471>. Acesso em: 15 ago. 2020.

ARANDA, Donato. Depoimentos de Especialistas sobre Atividades Experimentais. **Caderno de Química Verde**, n. 4, p. 6-8, 2017. Disponível em <https://www.abq.org.br/rqi/2014/754/RQI-754-pagina14.1-Caderno-de-Quimica-Verde.pdf>. Acesso em 19 ago. 2020.

BASSETI e SILVA, Bianca. et al. Utilização dos conceitos da química verde nas aulas práticas de laboratório. In: **XVIII Encontro Nacional de Química**, 2016,

Florianópolis. Disponível em <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0965-1.pdf>. Acesso em 29 jul. 2020.

BOMGARDNER, Melody. M. Is clarity coming for biobased chemicals?. **Chemical and Engineering News**, v. 98, n. 26, 2020. Disponível em <https://cen.acs.org/environment/sustainability/clarity-coming-biobased-chemicals/98/i26>. Acesso em 20 ago. 2020.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei 9 795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre Educação Ambiental Institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, 1999.

BRASIL. CNE. Resolução CNE/CP n. 02 de 15 de junho de 2012. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. Conselho Nacional de Educação, 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação Câmara de Educação Básica. **Resolução nº 4, de 17 de dezembro 2018**. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=104101-rcp004-18&category_slug=dezembro-2018-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 28 jul 2020.

BRASIL. **Referenciais curriculares nacionais da educação profissional de nível técnico – Área Química**, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/quimi.pdf>. Acesso em 13 ago 2020.

BURMEISTE, Mareike.; EILKS, Ingo.; RAUCH, Franz. Education for Sustainable Development (ESD) and chemical education. **Chemical Education Research and Practice**, v. 2, 059-68, 2012.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Química verde no Brasil: 2010-2030**. 1a ed, Brasília: CGEE, 2010. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Livro_Quimica_Verde_9560.pdf. Acesso em: 20 jul. 2020.

CLARO, Priscila. B. de O; CLARO, Danny. P.; AMANCIO, R. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. **Revista de Administração**, v. 4, n. 43, p. 289-300, 2008.

CLARO, P.; CLARO, D. P. Sustentabilidade estratégica: existe retorno no longo prazo? **Revista de Administração**, v. 49, n. 2, p. 291-306, 2014. Disponível em https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0080-21072014000200007&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em 30 jul 2020.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA. **Profissões de química**. Disponível em: ¹ <http://crq3.org.br/profissoes-de-quimica/>. Acesso em 05 set 2020.

CONSELHO FEDERAL DE QUÍMICA. **Resolução Normativa CFQ nº 263**, Brasília, 2006. Disponível em <http://cfq.org.br/resolucao-normativa/resolucao-normativa-no-263-de-15-de-dezembro-de-2015/#:~:text=Estabelece%20crit%C3%A9rios%20para%20o%20conceito,pequena%20capacidade%20previsto%20no%20art>. Acesso em 20 ago. 2020.

CONSELHO FEDERAL DE QUÍMICA. **Resolução Normativa CFQ nº 36**, Rio de Janeiro, 1974. Disponível em <http://cfq.org.br/resolucao-normativa/resolucao-normativa-no-36-de-25-de-abril-de->

1974/#:~:text=D%C3%A1%20atribui%C3%A7%C3%B5es%20aos%20profissionais%20da,crit%C3%A9rios%20para%20concess%C3%A3o%20das%20mesmas. Acesso em 20 ago. 2020.

ELKINGTON, John. Triple bottom line revolution: reporting for the third millennium. **Australian CPA**, v. 69, n. 11, p. 75-76, 1994.

GIL, Carlos A. Como classificar as pesquisas? In: GIL, Carlos A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2002. p. 41-58.

GOMES, Rachel. N. et al. Desenvolvimento da química verde no cenário industrial brasileiro. **Revista Fitos**, Edição Especial, p. 80-89, 2018. Disponível em: <https://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/580/html>. Acesso em: 14 jul 2020.

GONÇALVES, Carlos. E. A educação ambiental no ensino técnico: trabalho e interdisciplinaridade. 2013. 258 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências de Bauru, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/90973>. Acesso em 11 ago. 2020.

LENARDAO, Eder. J. et al. "Green chemistry": os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 123-129, jan. 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000100020. Acesso em 30 jul .2020.

LOPES, Valéria. N.; PACAGNAN, Mário. N. Marketing verde e práticas socioambientais nas indústrias do Paraná. **Revista de Administração (São Paulo)**, v. 49, n. 1, p. 116-128, Mar. 2014. Disponível em <https://www.scielo.br/pdf/rausp/v49n1/a10v49n1.pdf>. Acesso em 19 ago. 2020.

MACHADO, Adélio. S. C. Da gênese ao ensino da química verde. **Quím. Nova**, v. 34, n. 3, p. 535-543, 2011. Disponível em https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422011000300029&lng=en&nrm=iso. Acesso em 11 ago. 2020.

MACKENZIE, Lallie. et al. Green chemical processing in the teaching laboratory: A convenient liquid CO2 extraction of natural products. **Green Chemistry**, v. 6, n. 8, p. 355-358. 10 2004. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2004/gc/b405810k#!divAbstract>. Acesso em 05 set 2020.

MARQUES, Carlos. A. et al. Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média. **Química Nova**, v.30, n.8, p. 2043-2052, 2007. Disponível em http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1983. Acesso em 05 set 2020.

MARQUEZ, Karem. S. G.; SILVA, Priscila. C. da. A Importância dos Conceitos de Química Verde no Ensino de Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, XIV. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2008. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0732-2.pdf>. Acesso em: 11 ago 2020.

MAXIMIANO, Flavio et al. Química ambiental e química verde no conjunto do conhecimento químico: concepções de alunos de graduação em química da

Universidade de São Paulo. **Educación química**, v. 20, n. 4, p. 398-404, 2009 . Disponível em http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2009000400002&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 14 ago. 2020.

OLIVEIRA, Lucas. R. et al. Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações. **Produção**, v. 22, n. 1, p. 70-82, 2012. Disponível em https://www.scielo.br/pdf/prod/2011nahead/aop_0007_0245.pdf. Acesso em 30 Jul 2020.

OLIVEIRA, Josimara. C. C. et al. Biodiesel: uma temática para o ensino de Química. **Crítica Educativa**, v. 3, n. 2, p. 923-933, 2017. Disponível em: <https://www.criticaeducativa.ufscar.br/index.php/criticaeducativa/article/view/156>. Acesso em: 16 jul. 2020.

OLIVEIRA, Marcos. Reações Verdes, **Revista Pesquisa – FAPESP**, edição 260, p. 72-75, 2017. Disponível em <https://revistapesquisa.fapesp.br/reacoes-verdes/>. Acesso em 14 ago 2020.

PAULETTI, Fabiana; RITTER, Carla. E. T. Oficina de biodiesel: relato de uma experiência de ensino de química com estudantes do ensino médio. **Revista Areté: Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 9, n. 18, p. 144-157, 2016. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article%20/view/203/202>. Acesso em: 16 jul. 2020.

SANTOS, Diego M.; ROYER, Márcia R. Análise da percepção dos alunos sobre a química verde e a educação ambiental no ensino de química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 4. n. 2. p. 142-164, 2018. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/1805/482482869>. Acesso em 05 set 2020.

SILVESTRE, Winston. J. AMARO, Ana. Sustentabilidade corporativa: avaliação híbrida do Triple Bottom Line. **Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão**, v. 13, n. 4, p. 19-29, 2014. Disponível em http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1645-44642014000400003. Acesso em 30 jul. 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA: Divisão de Química Ambiental. **Sobre a Divisão de Química Ambiental**. Institucional. Disponível em: <<http://www.s bq.org.br/ambiental/pagina/sobre-divisao-de-quimica-ambiental>>. Acesso em: 20 de jul de 2020.

TINNESAND, Michael; SITZMAN, Barbara. (2010). *Incorporating Green Chemistry Into the High School Curriculum*. Disponível em https://learningcenter.nsta.org/products/symposia_seminars/ACS/files/ACS_Web_Seminar_Green_Chemistry11-8-2010.pdf. Acesso em 27 de julho de 2020.

WRIGHT, Stephen. W; REED, Phil. The Vitamin C Clock Reaction, **Journal of Chemical Education**, v. 79, n. 1, p. 41-43, 2002. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed079p41>. Acesso em 05 set 2020.

ZUIN, VÂNIA. G. et al. Desenvolvimento Sustentável, Química Verde e Educação Ambiental: o que revelam as publicações da SBQ. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 38, **Anais....** Águas de Lindóia: Sociedade

Brasileira de Química, 2015. Disponível em:
<http://www.s bq.org.br/38ra/cdrom/resumos/T0015-1.pdf>. Acesso em: 11 ago 2020.