

Universidade Federal de Sergipe
Campus Universitário Prof. Alberto Carvalho
Departamento de Química – *Campus* de Itabaiana

**ABORDAGEM DE QUÍMICA VERDE NA DISCIPLINA DE QUÍMICA
ORGÂNICA EXPERIMENTAL NO *CAMPUS* DE ITABAIANA**

JONAS DA SILVA SANTOS

Itabaiana – SE

2012

JONAS DA SILVA SANTOS

**ABORDAGEM DE QUÍMICA VERDE NA DISCIPLINA DE QUÍMICA
ORGÂNICA EXPERIMENTAL NO *CAMPUS* DE ITABAIANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito avaliativo na disciplina Pesquisa em Ensino de Química II – *Campus* Prof. Alberto Carvalho - SE, curso de Licenciatura em Química sob a orientação da Prof^ª. Dr^ª. Heloisa de Mello.

Itabaiana – SE

2012

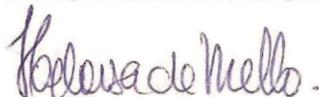
JONAS DA SILVA SANTOS

**ABORDAGEM DE QUÍMICA VERDE NA DISCIPLINA DE QUÍMICA
ORGÂNICA EXPERIMENTAL NO *CAMPUS* DE ITABAIANA**

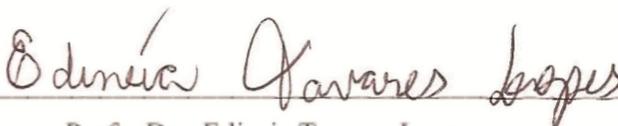
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito obrigatório para a obtenção do Título de Licenciado em Química pela Universidade Federal de Sergipe, *Campus* Professor Alberto Carvalho.

Aprovado em: 30 de outubro de 2012.

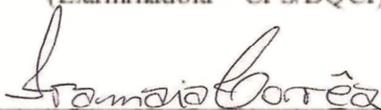
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Heloisa de Mello
(Orientadora – UFS/DQCI)



Profa. Dra. Edineia Tavares Lopes
(Examinadora – UFS/DQCI)



Profa. Dra. Iramaia Corrêa Bellin
(Examinadora – UFS/DQCI)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que tem traçado meus passos desde o início, não me abandonando em nenhum momento e participando de decisões fundamentais em minha vida.

Agradeço à minha família, em especial aos meus irmão, minha mãe e com certeza meu pai que me apoio e acreditou em mim em momentos em que nem eu mesmo acreditei.

Agradeço à Professora Orientadora Dra. Heloisa de Mello por ter me conedido a oportunidade de aprender com ela, pela paciência que precisou ter nesses anos de convívio e especialmente no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Msc. Edson José Wartha pela indicação do tema a ser desenvolvido neste trabalho.

Agradeço à todos os grandes amigos que conheci e que fizeram parte da minha vida, me proporcionando momentos ímpares e me ajudando a enfrentar os momentos de dificuldade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. QUÍMICA VERDE E SUSTENTABILIDADE	8
1.2. EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA	13
2. METODOLOGIA	16
3. RESULTADO E DISCUSSÃO	18
3.1. SEQUÊNCIA DIDÁTICA	22
3.1.1. AULA 1 – Introdução a Química Verde	23
3.1.2. AULA 2 – Síntese do AAS: aplicando os conceitos	25
3.1.3. AULA 3 – Assimilando novos valores.....	26
4. CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS.....	31
<i>APÊNDICE A – Questionário</i>	<i>35</i>
<i>APÊNDICE B – Entrevista.....</i>	<i>37</i>
<i>ANEXO 1 – Publicações selecionadas da Revista Química Nova relacionadas a Química Verde</i>	<i>39</i>
<i>ANEXO 2 – Introdução a Química Verde.....</i>	<i>42</i>
<i>ANEXO 3 – Atividade Experimental Relacionada aos Conceitos de Química Verde.....</i>	<i>46</i>

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente tem sido cada vez mais um assunto a ser discutido na atualidade, sendo de grande importância o debate em eventos de grande porte que reúnam entidades políticas globais para redação de uma proposta cada vez mais sustentável em prol da continuidade do desenvolvimento econômico mundial consciente. Iniciativas referentes a este universo já foram realizados aqui mesmo no Brasil, tais como ECO-92, Rio+10 e mais recentemente a Rio+20, demonstrando a preocupação da sociedade moderna em tratar das questões ambientais para o desenvolvimento econômico/social.

É irrefutável o progresso que o estudo das ciências, em particular da Química, trouxeram para a humanidade, sendo esta imprescindível para a continuidade no desenvolvimento da sociedade moderna. Contudo estamos cientes dos efeitos que anos de mau uso dos recursos naturais trouxeram à humanidade.

A indústria, participante ativa no desenvolvimento da sociedade moderna, tem proporcionado comodidade e praticidade à humanidade, desde meados do século XVIII com a revolução industrial. No entanto, nesse processo de inovações e desenvolvimento econômico não foram levadas em consideração atitudes coniventes a preservação do meio ambiente. Sendo assim considerada a principal responsável pelo lixo residual do planeta e pelos problemas causados por este ao meio ambiente.

Uma das maiores implicações em fazer uso da produção linear atual, torna a indústria uma grande aliada na degradação do meio ambiente, por conta da extração desordenada de matéria-prima, uso de fontes não renováveis e falta de eficiência para o tratamento de resíduos, de forma que o atual modelo de desenvolvimento econômico vem contribuindo para a deterioração do planeta, uma vez que estes recursos naturais são finitos (LEONARD, 2010).

Como alternativa para minimizar esses efeitos, surgem propostas baseadas em sustentabilidade e equidade, como por exemplo, a ferramenta de planejamento de Produção mais Limpa (P+L), a Química Verde (QV), Zero Resíduos, Energia Renovável, Economias Locais Vivas e Produção em Ciclo Fechado.

A Química é uma ciência que tem contribuído para o desenvolvimento social, econômico e tecnológico da sociedade moderna, porém a falta de planejamento traz grandes

consequências à humanidade. A degradação do meio ambiente e a escassez de recursos não renováveis são indícios reais de que o uso irracional pode causar danos irreversíveis ao planeta. Todo esse processo aponta para a valorização do pensamento ecológico, onde a área emergente da Química Verde torna-se necessária na concepção e realização de alternativas para o desenvolvimento sustentável, que promova a conscientização e minimize os efeitos negativos provocados por anos de abuso e descaso, provenientes de um desenvolvimento científico/tecnológico desordenado.

Assim, torna-se necessário o incentivo ao exercício da Química Verde, aplicando os conceitos de sustentabilidade a fim de atingir o que o modelo de desenvolvimento sugere.

É necessário para tanto, um planejamento estratégico, de modo que implemente de forma gradual e consolidada a reestruturação sem gerar conflitos, tendo em vista que o impacto desta mudança recai sobre os custos econômicos.

A reestruturação impensada dos meios de produção atuais acarretaria na crise econômica do mercado. Esta mudança deve ser gradativa e planejada racionalmente, a fim de minimizar os impactos no período de adaptação da indústria aos conceitos de desenvolvimento sustentável e suas práticas, de forma que haja viabilidade na melhoria da produção e qualidade dos produtos, reduzindo custos, aumentando o volume de produção e gerando menos resíduos, atendendo assim a um dos principais requisitos da teoria P+L.

Da mesma forma, o mercado que negligenciar a necessidade de renovação das tecnologias e que ignora a busca por processos sustentáveis, vão de encontro ao envolvimento da sociedade, que presa pelo “ecologicamente correto”, sendo assim, tende ao fracasso (TUNDO, ANASTAS, *et al.*, 2000, p. 1208).

Este é o grande desafio para a indústria química, o seu desenvolvimento está ligado diretamente à medida que as necessidades ambientais e humanas podem se relacionar a fim de formular novas ideias, através do exercício da Química Verde, seguindo o conceito de desenvolvimento sustentável.

O desenvolvimento sustentável envolve ações no setor econômico que se tornam ainda mais importantes frente à crise financeira dos países desenvolvidos, que coloca em estado de alerta também os países em desenvolvimento (CRUZ, 2011).

Assim, surge a necessidade de planejamento para produção e utilização de recursos que causem menos impactos, não comprometendo a qualidade do produto final. Nesse contexto, a

visão da Química Verde se apresenta como alternativa promissora para o desenvolvimento sustentável mantendo os baixos custos de produção, além de garantir confiabilidade e lucro.

É visível no mercado a movimentação de inúmeras empresas com pesquisas e desenvolvimento de tecnologias e produtos de baixo impacto ambiental, buscando posicionar-se estrategicamente no mercado de “produtos verdes”, que está em ascensão (Plataforma por uma economia inclusiva, verde e responsável, 2011, p. 4).

1.1. QUÍMICA VERDE E SUSTENTABILIDADE

A discussão sobre ecologia e meio ambiente vem ganhando espaço na sociedade, essa preocupação surgiu por meados da década de 60, mas, tomou impulso nos anos 70.

Quase 20 anos após a Rio-92 e duas décadas de estudos intensivos sobre as mudanças climáticas, a humanidade começa a entender a necessidade de racionalizar o uso de recursos naturais e de reconhecer o valor dos serviços prestados pela natureza (Plataforma por uma economia inclusiva, verde e responsável, 2011, p. 4).

Uma recente publicação do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) refere-se ao Brasil como um possível líder mundial no aproveitamento integral da biomassa. O livro “Química Verde no Brasil”, em parceria com a Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Universidade Federal do Ceará (UFC) traz uma perspectiva de que no prazo de 20 anos, a começar em 2010, à implantação do exercício do conceito da Química Verde, apresentando um plano de trabalho que aborda desde a área de atuação em biorrefinarias (rota bioquímica e rota termoquímica), a biocombustíveis e bioprocessos, divididos em nove capítulos, apresentando resultados e propondo ações governamentais (Química verde no Brasil: 2010-2030, 2010).

O Brasil tem potencial para ser uma liderança na nova economia porque possui capital natural, biodiversidade, sociodiversidade, matrizes energéticas bem equilibradas [...] entre outras potencialidades (Plataforma por uma economia inclusiva, verde e responsável, 2011, p. 5).

Segundo Valle (2004), o desenvolvimento sustentável significa atender as necessidades econômicas, sociais, ambientais em uma relação entre a sociedade humana e o ambiente da geração atual sem comprometer o direito das futuras gerações atenderem as suas próprias necessidades. Contudo a aplicação deste conceito torna-se uma tarefa quase impossível de ser realizada, visto que está cada vez mais difícil atender a demanda atual e suprir as necessidades básicas da população mundial devido a escassez de recursos, sendo este um reflexo do mau

uso dos recursos naturais, propostas alternativas devem ser estabelecidas para que o desenvolvimento da sociedade moderna se aproxime ao máximo do sustentável, na busca por ferramentas que concedam o direito das gerações futuras em suprir suas necessidades.

Ao tratar de sustentabilidade, é indispensável implementar ações no setor social, que engloba desde a busca por estabilidade dos empregos, o combate à fome e à pobreza, até o acesso aos bens mais básicos para a população mundial no campo da educação, da saúde e do transporte público (CRUZ, 2011).

Sendo assim, os conceitos que envolvem processos limpos, Química Verde e sustentabilidade, envolvem mais questões que a produção de resíduos nocivos a saúde humana e ao meio ambiente.

Terminologias como Processos Limpos, Química Verde e Síntese Limpa, tem se tornado cada vez mais comuns e frequentes em publicações nos últimos anos. A tendência que visa melhor aproveitamento dos recursos naturais e maior atenção com o meio ambiente tem tomado forma e conquistado adeptos mundialmente.

Segundo a “International Union of Pure and Applied Chemistry” (IUPAC) o termo “Química Verde” é definido (TUNDO, ANASTAS, *et al.*, 2000) como: a invenção, desenho e aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas. Referindo se “perigosas” ao fato de determinadas substâncias poderem, de alguma forma, ser nocivas à saúde humana ou para o meio ambiente. Já para a Agência de Proteção Ambiental, “Environmental Protection Agency” (EPA), a Química verde, também conhecida como química sustentável é o designer de produtos e processos químicos que reduzam ou eliminem o uso ou formação de substâncias perigosas.

O relatório Brundland definiu desenvolvimento sustentável [...] como o desenvolvimento que tratando de forma interligada e interdependente as variáveis econômica, social e ambiental é estável e equilibrado garantindo melhor qualidade de vida para as gerações presentes e futuras (MARTINS, 2004).

A divulgação do conceito de sustentabilidade e a importância tanto para o meio ambiente quanto para a indústria, através da Química Verde, para a conscientização dos jovens, comunidades científicas e à busca pelo desenvolvimento sustentável, devem-se ao engajamento da comunidade internacional.

De acordo com o Instituto Ethos: “A economia inclusiva, verde e responsável que se impõe ao mundo em razão dos desafios ambientais, sociais e éticos deve orientar-se pelos fatores estratégicos: valores e inovação.” (Plataforma por uma economia inclusiva, verde e responsável, 2011, p. 9).

Durante o longo percurso de comodismo proporcionado pelo desenvolvimento da indústria, esta se tornou o principal produtor de resíduos tóxicos do planeta degradando o meio ambiente, por essa razão faz-se necessário que esta classe seja estimulada ao exercício da Química Verde aplicando os conceitos de sustentabilidade a fim de atingir o que o modelo de desenvolvimento sugere.

A busca frenética por novas rotas de produção, mais eficazes e rentáveis, é o tipo de desenvolvimento que mobiliza o mercado internacional. Por esse motivo que tratar sobre desenvolvimento sustentável gera bastante desconforto, logo, rotas sintéticas que empreguem processo mais limpo são muitas vezes ignoradas por não suprirem o retorno financeiro desejado. Segundo Neto (2005, p.28 apud CARDOSO, 2009, p.9):

Apesar dos benefícios da industrialização, um dos primeiros grandes impactos ambientais foi a poluição nas regiões que utilizavam o carvão e a lenha [...]. A sociedade na época, em busca de conforto, iluminava as casas e ruas urbanas da Europa com óleo de baleia, o que causou a morte de milhares de baleias (CARDOSO, 2009).

Os conceitos de Química Verde estão longe de ser consenso entre a comunidade acadêmica, alguns acham ainda que os termos sejam confusos e que se assemelham aos conceitos de processos limpos e sustentabilidade ou química ambiental. Mais desanimador ainda é que poucos sabem que tais conceitos não são sinônimos, por exemplo, quando a química ambiental é muitas vezes citada como Química Verde. Segundo Antonin, Morashashi e Malpass (2011, p. 6) química ambiental é definida como a área da química que “estuda os processos químicos que ocorrem na natureza, sejam eles naturais ou causados pelo homem”. O que difere totalmente da definição do conceito de Química Verde. Mozeto e Jardim (2007) relataram que:

[...] a Química Ambiental não é a ciência da monitoração ambiental, mas sim da elucidação dos mecanismos que definem e controlam a concentração das espécies químicas candidatas a serem monitoradas (MOZETO e JARDIM, 2002, p. 7).

Sendo assim tal conceito não pode ser considerado similar ao de Química Verde. Por essa razão alguns pesquisadores norteiam em 12 princípios da Química Verde, definidos por Paul T. Anastas e John C. Warner (1998) são considerados uma poderosa ferramenta para auxiliar em uma mudança importante na abordagem da legislação ambiental, onde o foco agora é baseado em prevenção e não “controle e comando” como era feita a abordagem até então. Para Lenardão, Freitag, *et al.* (2003, p. 124) estes princípios são usados como base para quem deseja implementar a Química Verde em processos químicos, sejam estes na indústria ou instituição de ensino, são estes os princípios (ANASTAS e WARNER, 1998):

1. **Prevenção:** evitar a produção de resíduos é melhor do que tratá-los;
2. **Eficiência Atômica:** os métodos de síntese devem apresentar o maior rendimento possível;
3. **Síntese Segura:** utilizar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente;
4. **Desenvolvimento de Produtos Seguros:** deve-se buscar o desenvolvimento de produtos que após realizarem a função desejada, não sejam tóxicos ao ambiente;
5. **Uso de Solventes e Auxiliares Seguros:** a utilização de solventes, agentes de purificação e secantes precisa ser evitada ao máximo, mas quando imprescindível a sua utilização estes devem facilmente reutilizados e quando utilizadas, estas substâncias devem ser inócuas;
6. **Busca pela Eficiência de Energia:** desenvolvimentos de processos que não requerem grande dispêndio de energia;
7. **Uso de Fontes de Matéria-Prima Renováveis:** deve-se priorizar o uso de matéria-prima renovável;
8. **Evitar a Formação de Derivados:** a derivação desnecessária (modificações químicas ou físicas da molécula) deve ser minimizada ou, se possível, evitada, porque estas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos;
9. **Catálise:** o uso de catalisadores deve ser seletivo e deve ser escolhido em substituição aos reagentes estequiométricos;

10. **Produtos Degradáveis:** os produtos químicos precisam ser desenvolvidos de tal forma que, ao final, se fragmentem em produtos biodegradáveis e não tóxicos;

11. **Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição:** deve-se monitorar a reação de modo a controlar a possibilidade de formação de produtos tóxicos;

12. **Química Intrinsecamente Segura para a Prevenção de Acidentes:** os reagentes e seu manuseio devem ser escolhidos de modo a minimizar o risco de acidentes.

Em uma visão geral, pode-se ainda classificar em seções, a saber: “i) o uso de fontes renováveis ou recicladas de matéria-prima; ii) aumento da eficiência de energia, ou a utilização de menos energia para produzir a mesma ou maior quantidade de produto; iii) evitar o uso de substâncias persistentes, bioacumulativas e tóxicas.” (ANTONIN, MORASHASHI e MALPASS, 2011, p. 3; TUNDO, ANASTAS, *et al.*, 2000; LENARDÃO, FREITAG, *et al.*, 2003).

A grande questão é saber a relação quantitativa existente entre processos químicos distintos, na busca por processos mais eficientes, seletivos e com maiores rendimentos que se configuram com uma atitude menos agressiva ao ambiente, ou seja, mais verde. Segundo Machado (2007, p. 47) “[...] é fundamental avaliar até que ponto as reacções químicas de síntese, os processos do seu fabrico industrial, os próprios produtos e os usos que se lhes dá, etc., são, de facto, verdes [...]”.

As métricas da QV, que se estabelecem como critérios comparativos entre rotas sintéticas alternativas, concentram quantitativamente os aspectos relacionados principalmente aos princípios #1 e #2 que se referem à prevenção e eficiência atômica respectivamente, mas também buscam a maior incorporação dos outros 10 princípios da QV que se estabelecem como determinantes para designar a “verdura” do processo, isto é, o quanto este pode ser considerado verde. Como cita Machado (2011, p. 1863): “A verdura atômica é aferida pela produtividade atômica, que é medida pelas métricas de massa economia atômica e factor E, e aumenta com o bom cumprimento dos dois primeiros dos Doze Princípios da Química Verde [...]”.

No início dos anos 90 surgiram simultaneamente no mundo, diferentes estratégias preventivas. Como o conceito P+L, ou produção mais limpa, desenvolvido em 1989 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente no seu Programa em Produção mais Limpa, “Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en su Programa de la

Producción más Limpia” (PNUMA). Todos baseados na mesma ideia de reduzir ou eliminar emissão de poluentes em processos químicos e uso de design de produto para prevenir produção de resíduos, além de reaproveitamento como forma de restringir o uso de recursos naturais e maximizar a produção e tornar os custos econômicos cada vez menores.

Uma das questões que deve ser levada em consideração nesse contexto é a existência do contato com essas terminologias. É difícil assegurar que os profissionais que estão sendo formados foram devidamente apresentados a estes conceitos. Antonin, Morashashi e Malpass (2011) ressaltam que:

O desafio atual para os alunos recém formados em química e áreas afins é satisfazer a necessidade crescente da sociedade para produtos não só de alta qualidade, mas que sejam ambientalmente compatíveis (ANTONIN, MORASHASHI e MALPASS, 2011, p. 2).

Cabe às instituições de ensino preparar seus alunos para lidar com o contexto social em relação à consciência ambiental, sendo necessário mudança estrutural curricular efetiva que permita o senso crítico/social, o desenvolvimento de abordagens éticas e políticas mais condizentes com os desafios impostos pela problemática ambiental. Para tal “O sistema educacional deve estar bem preparado para forjar o conjunto de valores de uma sociedade sustentável, fomentando o desenvolvimento da consciência social necessária para que as mudanças se imponham como um novo paradigma” (Plataforma por uma economia inclusiva, verde e responsável, 2011, p. 11).

A divulgação e conscientização social sob esses preceitos possibilitam a valorização de uma cultura de sustentabilidade, aumentando o nível de exigência da sociedade frente às políticas públicas.

1.2. EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Com base nos últimos eventos, existe a necessidade de uma formação de qualidade, visto que foi previsto para os próximos 20 anos, fomento a pesquisa na área da Química Verde para o desenvolvimento sustentável no país.

Esse processo deve ser posto em prática lentamente já que, mudanças estruturais disciplinares e de políticas públicas são necessárias para implementar, de forma coesa, esta prática curricular. Um longo caminho tem de ser percorrido a fim de conscientizar toda uma

sociedade, para que construam novos valores éticos (paradigmas) em prol da educação ambiental.

A ambientalização curricular pode ser definida como um processo complexo de formação de profissionais que se comprometam continuamente com o estabelecimento das melhores relações possíveis entre sociedade e natureza, contemplando valores e princípios éticos universalmente reconhecidos (ANTONIN, MORASHASHI e MALPASS, 2011, p. 2).

A busca por esse tipo de mudança curricular requer um processo contínuo nas universidades brasileiras, abrindo espaço para o questionamento, a revisão e o desenvolvimento de abordagens metodológicas, éticas e políticas mais adequadas que envolvam os desafios colocados pela problemática ambiental.

Schwahn e Oaigen (2009) ao abordar a importância da prática experimental no ensino de química destacam que:

A experimentação se justifica por motivos ligados à estrutura da ciência, à Psicopedagogia, à Didática específica, à reformulação conceitual entre outros, sendo considerada ferramenta para o ensino e aprendizagem de Química. Como ingrediente de ensino, deve-se considerá-la indissociável (SCHWAHN e OAIGEN, 2009, p. 2).

A estrutura prática da experimentação em ciências deve acompanhar as necessidades da atualidade, para desenvolvimento de novas perspectivas na resolução de problemas do cotidiano, em conformidade com os paradigmas suscetíveis a desenvolvimento sustentável de uma sociedade.

[...] o ensino da química terá de incluir idéias mais amplas e profundas sobre a Sustentabilidade e as suas implicações no domínio da química [...] e o embutimento ativo na mente dos estudantes de modos de pensar e agir compatíveis com a Sustentabilidade (MACHADO, 2004, p. 65).

No âmbito da formulação de um plano na disciplina de Química Orgânica Experimental inserida na prática experimental de conceitos da Química Verde, como economia atômica e Fator-E, foi realizada uma análise sistemática da bibliografia que atua na área da Química Verde, com o ponto de partida nos artigos publicados na Revista Química Nova (QN).

A necessidade de utilizar de diferentes estratégias e recursos para proporcionar ao estudante condições para que ele construa aprendizagens significativas referentes aos

conceitos de Química Verde e Sustentabilidade, compreendendo sua importância relacionada ao componente curricular de Química, bem como sua relação com as demais áreas do conhecimento e com o cotidiano.

O presente trabalho tem por objetivo, o estudo da abordagem conceitual, procedimental e atitudinal dos conteúdos (ZABALA, 1998), que envolvem a Química Verde e Sustentabilidade, inseridos em uma sequência didática, para elucidação dessas terminologias, dada importância desse conteúdo na atualidade no decorrer da disciplina de Química Orgânica Experimental no curso de Química do Departamento de Química – Campus Itabaiana (DQCI).

E ainda trabalhar o conteúdo inerente às métricas de Química Verde, como economia atômica e fator-E, avaliando a forma de ação, caracterizada por um agrupamento de “novos conteúdos” dispostos em uma sequência didática que exercitem a assimilação do conteúdo atuando de forma conceitual, procedimental e atitudinal.

E por fim, investigar quais informações são realmente fundamentais para proporcionar ao aluno ferramentas adequadas para a construção de conhecimento sobre o conceito de Química Verde, trabalhar tais conceitos durante a prática experimental e dar suporte para que a ideia focal seja assimilada afim de que haja a conscientização do aluno na busca de meios para o desenvolvimento mais sustentável e seguro.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho optou por averiguar o grau de atenção que está sendo dada na aplicação dos conceitos de Química Verde em artigos científicos da área, para tal realizou-se uma pesquisa no banco de dados disponível no site www.scielo.org, um gestor e operador de publicações em rede cooperativa com diversos periódicos científicos, que por sua vez nos deu acesso a publicações de diversos periódicos dos quais foi selecionado apenas um.

O periódico selecionado foi a Química Nova, por se tratar de uma revista bastante conhecida e importante não apenas nacionalmente, mas desde que passou a ser indexada ao Web of Science, em 1995, tem representado internacionalmente a SBQ, sendo seu principal órgão de divulgação. Pardini (2007) complementa dizendo que a “Química Nova é a 3ª revista mais acessada no SciELO [...] com mais de 5 milhões de acessos (<http://www.scielo.br>). A coleção SciELO é uma das 10 fontes de informação mais acessadas por usuários do Google Scholar[...]” (ANDRADE, PARDINI, *et al.*, 2007, p. 1491).

Por sua vez os artigos foram selecionados seguindo o critério da palavra chave: “green chemistry”, comum a 20 artigos até a presente data (21/06/2012).

A análise e categorização dos artigos foram realizadas em três etapas.

A primeira etapa consistia em observar as aplicações em que estavam inseridos os conceitos de Química Verde nesses artigos, onde foi possível observar as mais variadas temáticas como síntese limpa, economia atômica, fator E, solventes alternativos, catálise, biomassa entre outras aplicações descritas.

Estes artigos por sua vez, em uma segunda etapa, foram categorizados em acordo com a abordagem dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), verificando como estes vêm trabalhando nas dimensões conceituais (Divulgação; abordado fatos, conceitos e princípios da QV), procedimentais (Ensino de QV; ligados ao “fazer”) e atitudinais (subdividia em: pesquisa e graduação; abordando normas, valores e atitudes) (ZABALA, 1998).

Na terceira etapa os artigos foram classificados por ano de publicação e também de acordo com as áreas da química em que estavam envolvidos, como: Química Orgânica (QO), Química Inorgânica (QI), Química Ambiental (QAmb), Química Verde (QV), Química

Análítica (QA), Físico-Química (FQ), Ensino de Química (Ens) e Química Medicinal (QM) (RIBEIRO, MACHADO e COSTA, 2008, p. 47).

A partir desse estudo foi estruturada a sequência didática, abordando o conteúdo por uma nova dimensão, trabalhando por meio de aulas práticas de forma a atender a abordagem conceitual, procedimental e atitudinal.

O trabalho de análise no desenvolvimento na pesquisa segue em 3 momentos.

A princípio, ideia de sequência didática não é para ser usada como regra fechada e inflexível na abordagem do conteúdo, mas sim um eixo norteador usado como ferramenta para facilitar a assimilação do conteúdo. Deixando de fundamentar a aprendizagem em uma abordagem basicamente conteudista para buscar uma metodologia permissível a ajustes e modificações que se façam necessárias para melhor assimilação no processo de ensino e aprendizagem.

[...] a priori, não convém cercear sua capacidade de criação, impondo-lhe limites que reduzam ou até mesmo coíbam a inovação das situações de aprendizagem, porém avaliar antes, durante e depois a adequação metodológica aos objetivos previstos é condição fundamental para o trabalho docente [...] (BENFATTI, 2011, p. 297).

No primeiro momento será proposto um breve questionário com perguntas abertas e fechadas, a fim de nortear a forma de abordagem durante as aulas propostas. Em seguida será aplicada a sequência didática, que permeia a abordagem conceitual da temática.

No segundo momento em acordo com a abordagem procedimental será trabalhado o conceito apresentado anteriormente aplicado em aulas práticas da disciplina Química Orgânica Experimental.

Aspectos teóricos relevantes sobre as terminologias em estudo deverão ser apresentados no início da aula e os resultados dos experimentos serão discutidos nas aulas da disciplina Química Orgânica Experimental, com alunos que estão cursando o período letivo de 2012/2, do Curso de Química Licenciatura do Campus Prof. Alberto Carvalho.

No terceiro e último momento serão coletados dados através de entrevista com uma amostra dos alunos participantes da disciplina, a fim de observar se o objetivo da abordagem atitudinal.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A pesquisa realizada no banco de dados da revista Química Nova identificou que em um período de 2000 a 2012 um total 20 artigos na área citam a palavra chave “Green chemistry”, relacionados às mais diversas aplicações na área da Química Verde como, síntese limpa, solventes alternativos, catálise, métricas de Química Verde, etc. (ANEXO 1)

As publicações selecionadas estão distribuídas em um período de 12 anos, como mostra a seguir o **Gráfico 1**, representando o número de artigos publicados por ano.

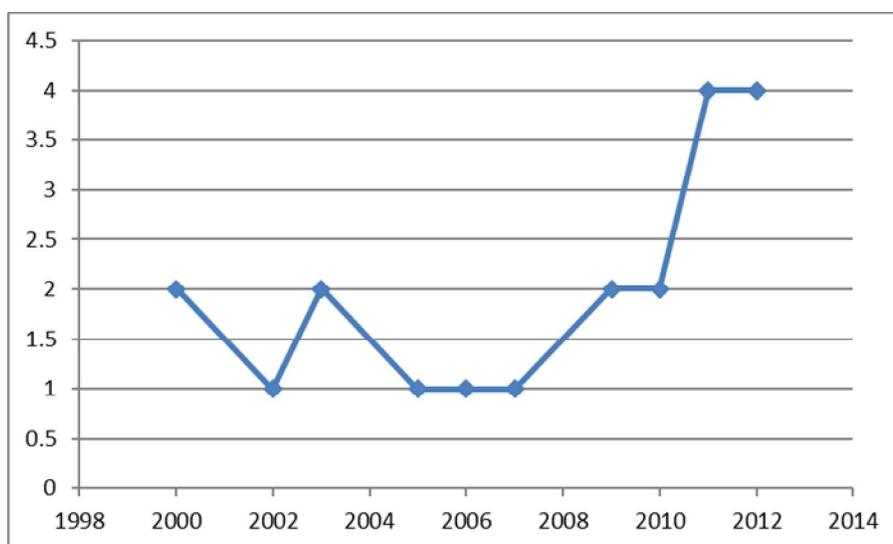


Gráfico 1: Artigos selecionados dispostos de acordo com o ano de publicação.

Observou-se no **Gráfico 1** que a dispersão dos pontos referentes às publicações oscilam bastante, é o que poderíamos chamar de “soluços”, talvez decorrentes a eventuais momentos onde pode ter havido fomento a pesquisa na área, alguns mais relacionados a organizações privadas outros com o intuito de mobilização social, a exemplo: no ano de 2003 a I Conferência Nacional do Meio Ambiente marcada pela formulação da proposta para o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA); o Fórum Internacional de Sustentabilidade no ano de 2010 que contou com a presença do ambientalista Al Gore; o Simpósio Internacional sobre Sustentabilidade que contou com a participação de organizações e empresas muito importantes como a Petrobras, Braskem e Natur; também o movimento SWU, com o slogan “Começa com você” do inglês “Starts With You” de cunho social mobilizou o

público jovem que durante o evento participou também de diversos debates e palestras sobre sustentabilidade.

A seguir, os artigos foram categorizados segundo os critérios de divisão dos conteúdos, **Tabela 1**. Os artigos que se referiam aos 12 princípios da QV e abordavam o contexto histórico em que estão inseridas a prática de desenvolvimento sustentável e Química Verde, foram classificados como “Divulgação” da QV, pois permeiam a abordagem conceitual do conteúdo. Quando estes apresentam propostas de ensino, curso e atividades práticas que exemplifiquem a visão da QV são classificados como “Ensino de QV” esta abordagem se classifica como procedimental, pois trata de “como devemos fazer?”. Na dimensão atitudinal foi proposta a subdivisão, onde “pesquisa” trata de aplicações metodológicas de pesquisa científica e tecnológica dos conceitos de QV e “graduação” para artigos que se referem à práticas pedagógicas em atividades práticas experimentais detalhadas voltadas principalmente para aplicação no grau Superior de Ensino, apresentando a visão das normas, valores e atitudes passíveis de aquisição.

Tabela 1: Categoria dos artigos em acordo com a abordagem do conteúdo.

Química Verde				
	Conceitual	Procedimental	Atitudinal	
	Divulgação	Ensino de QV	Pesquisa	Graduação
2000	1	2	-	-
2002	-	3	-	-
2003	4;5	4;5	-	-
2005	6	6	-	-
2006	-	-	7	-
2007	-	-	8	-
2009	9;10	-	9	10
2010	12	12	11;12	-
2011	13;14	13;15;16	15;16	-
2012	19	-	-	17;18;19;20

Poucos artigos relacionavam pelo menos dois quesitos na abordagem dos conteúdos. Os artigos 4, 5, 6 e 13 competem às atividades apenas na dimensão conceitual e procedimental. Apenas o 12 trabalha em conformidade com as três dimensões.

Podemos observar ainda o crescimento das publicações voltadas ao Ensino Superior, contudo estas ainda não permeiam por todas as dimensões de abordagem do conteúdo.

Dando sequência a análise dos dados, constatou-se que das divisões da química com maior concentração de pesquisa em desenvolvimento na área de QV e desenvolvimento sustentável, se destacam as que são relacionadas ao Ensino de Química (Ens) com cerca de 31 % e a Química Orgânica (QO) com 23 %, o número de publicações nas áreas de Química Verde (QV) e Química Analítica (QA) também estão crescendo com 14 % dos trabalhos analisados, as demais divisões ainda não tem um número tão expressivo quanto estas, juntas fazem parte de 18 % nessas publicações, como mostra o **Gráfico 2**:

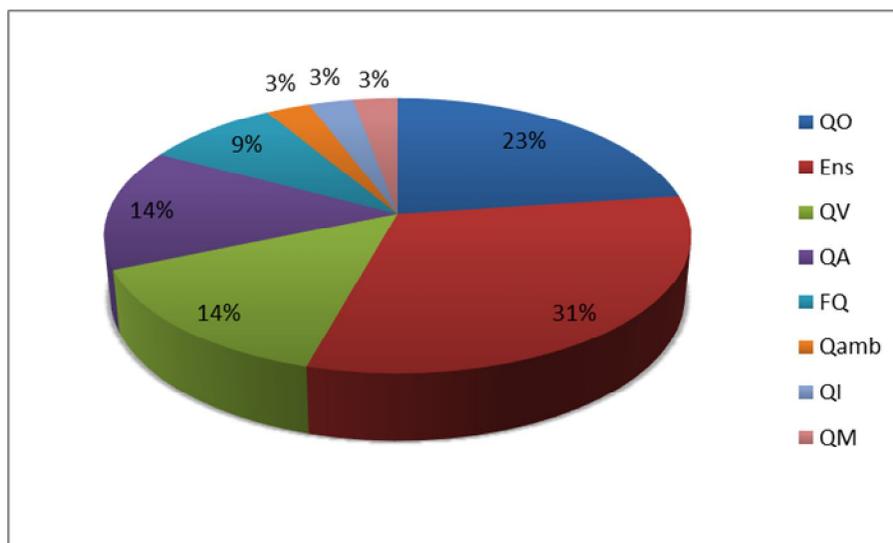


Gráfico 2: Disposição de artigos por área de aplicação na Química.

Baseado nos dados obtidos estima-se que o número de publicações categorizadas como Ensino de Química (Ens) deve-se ao momento vivido na atualidade, onde busca-se com maior clareza de ideias a conscientização social visando práticas de desenvolvimento menos invasivas e cada vez mais sustentáveis com a aplicação da filosofia da Química Verde.

O momento também favorece o aumento de pesquisa na área de Química Orgânica (QO) que por sua vez é valorizado por tratar de novas alternativas para processos químicos cada vez mais eficientes, em harmonia aos preceitos da Química Verde, são essas pesquisas voltadas principalmente no avanço das tecnologias com uso de solventes alternativos (fluido supercrítico, líquido iônico, água como solvente, etc), síntese limpa, energias alternativas (micro ondas), desing de produto, processos que são vitais para a inserção das grandes indústrias no mercado que se forma em conjunto com uma sociedade cada dia mais consciente.

[...] Química Orgânica está relacionada aos grandes avanços de pesquisas em síntese orgânica limpa, utilização de solventes alternativos em substituição aos tradicionais e a utilização de energia de ultrassom e microondas em reações de síntese (SERRÃO e SILVA, 2010, p. 8).

Os artigos categorizados como Química Verde (QV) são essenciais para a divulgação e implementação dessa filosofia, norteia toda a questão de conceito de Química Verde, esclarecem a ideia focal dos 12 princípios, abordando o histórico e estruturação desse conceito e aplicação do mesmo de forma simplificada através da quantificação (“verdura”) desses conceitos em determinado processo químico com uso das métricas de Química Verde.

A verdura é uma grandeza complexa e elusiva, constituída por variadas componentes de natureza química (por exemplo, incorporar os átomos dos reagentes no produto e não os desperdiçar em resíduos, usar reagentes e reações seguras, etc.), ambiental (não produzir resíduos e poluentes, especialmente se tóxicos, usar matérias-primas renováveis, etc), energética, etc (RIBEIRO, COSTA e MACHADO, 2010, p. 759).

O estudo na área da Química Analítica (QA), também muito importante no processo de desenvolvimento da QV visto que, pesquisas nessa área tem apresentando grande anuência por aferir a processos relativamente caros, metodologias alternativas em técnicas de análise química, purificação, quantificação de processos com alto grau de eficiência.

[...] a pesquisa desenvolvida confirma uma tendência de se realizar análises químicas em um tempo reduzido, com um número menor de reagentes sendo utilizados e uma demanda energética também menor, fato que justifica o índice considerável de publicações na área (SERRÃO e SILVA, 2010, p. 8).

Ainda são poucos os artigos que estão relacionados às áreas de Físico-Química (FQ), Química Ambiental (QAmb), Química Inorgânica (QI) e Química Medicinal (QM), mas a busca por catalisadores mais eficientes no emprego de processos químicos faz parte de um dos princípios da QV, bem como o estudo da prevenção, gestão e gerenciamento dos resíduos sendo necessário fomento nessas áreas dada a importância nas múltiplas aplicações que podem vir a ser desenvolvidas.

Além das categorias por área, é possível observar citações comuns a todos os artigos, que se dividem em uma gama de aplicações da QV no desenvolvimento científico, como é mostrado no **Gráfico 3**.

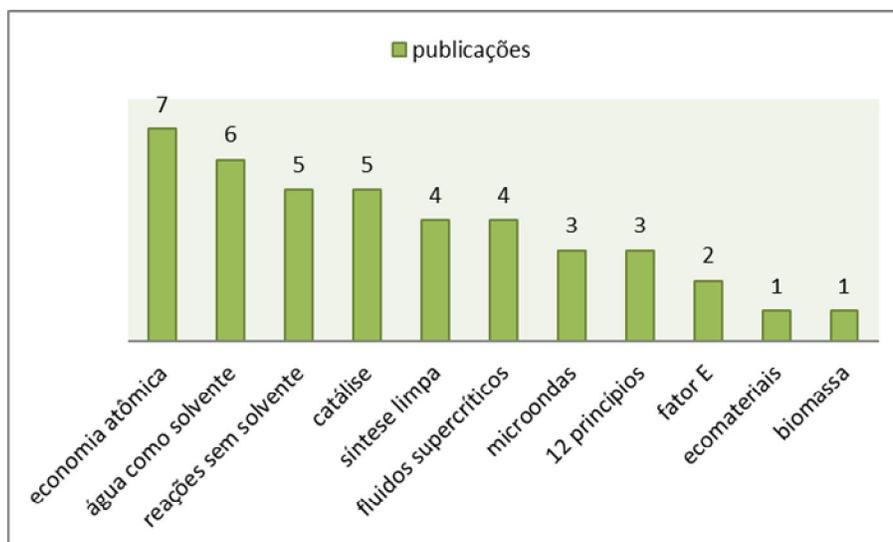


Gráfico 3: Aplicações da QV mais citadas.

Incorporando os dados observados ao que está sendo proposto neste trabalho, foi montada uma sequência didática que tendesse a associação das três dimensões na abordagem de conteúdo.

3.1. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática, baseadas nas dimensões do conteúdo, foi aplicada na disciplina de química orgânica experimental para uma turma de 10 alunos constituída basicamente por alunos do 3º semestre no curso de Licenciatura em Química do Campus Prof. Alberto Carvalho – UFS.

Zabala (1998, p. 18) define sequência didática como sendo o “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”.

Antes de seguir com aplicação da sequência didática, um breve questionário (**APÊNDICE A**) foi realizado, a fim de averiguar o nível de compreensão que os alunos tinham formada sobre “o que é Química Verde?”.

Analisando as respostas, pôde-se perceber que a maioria dos alunos da turma nunca tinha ouvido falar sobre Química Verde. Contudo, puderam descrever que existe uma relação deste conceito entre ambiente/sociedade citando, no caso do âmbito acadêmico, a problemática gerada pelo descarte de resíduos.

Portanto, para o docente, a sequência didática implica o desejo de criar e desenvolver situações de aprendizagens que possibilitem aos seus alunos a aproximação e a apropriação de novos conhecimentos; para o aluno, a sequência didática é o percurso que ele percorrerá para conquista de saberes outrora ainda não conquistados. As duas perspectivas, docente e discente, guardam a essência epistemológica do conhecimento filosófico e sociológico, que é a mudança [...] (BENFATTI, 2011, p. 300).

Para dar sentido o uso de uma sequência didática é necessário que o professor esteja ciente da barreira cognitiva apresentada por cada aluno na assimilação do conteúdo e seguir uma ordem cronológica, desenvolvendo situações que aproximem o aluno do contexto trabalhado para que este construa novos conhecimentos.

3.1.1. AULA 1 – Introdução a Química Verde

A nível conceitual, as aulas foram realizadas em acordo com a sequência didática proposta, inferindo o conceito teórico sobre o tema, apresentando de forma sucinta, fatos importantes do desenvolvimento da prática da Química Verde no decorrer dos anos, bem como apresentação detalhada de cada princípio da Química Verde.

As métricas da Química Verde também foram apresentadas para determinar a “verdura” de reações comuns na prática experimental nas aulas de orgânica, como em reações do tipo eliminação e adição, nas quais apresentam valores muito distintos quando relacionadas à incorporação de reagentes ao produto e formação de resíduos.

As principais métricas desenvolvidas foram economia atômica e fator E, por terem sido bastante citadas nos artigos selecionados para análise, sendo estas mais simples e usadas para determinar a “verdura” de processos químicos, seja através da economia de átomos em uma reação ou na quantificação de resíduo proveniente de uma reação que venha a causar algum tipo de dano ambiental. Também foi apresentado o conceito de Eficiência de Massa da Reação (EMR) que relaciona não só os conceitos de eficiência atômica, mas leva em consideração rendimentos experimentais e as quantidades reais molares de reagentes (CURZONS, CONSTABLE, *et al.*, 2001, p. 3).

A economia atômica (EA), grosseiramente falando, quantifica percentualmente a incorporação dos átomos do reagente ao produto final em determinada reação química. O cálculo de economia atômica em uma reação é dado pela razão do peso molecular (PM) do produto desejado entre a soma do peso molecular das substâncias produzidas, em

porcentagem, que representa o real valor de átomos que foram utilizados e participaram efetivamente da reação, sendo incorporados ao produto desejado (**Equação 1**).

A equação é representada da seguinte maneira:

$$EA\% = \frac{P.M.do\ produto\ desejado}{\sum P.M.das\ substâncias\ produzidas} \times 100 \quad (1)$$

A EA% atinge máxima eficiência quando tende a 100 % reagentes incorporados ao produto desejado, as reações que mais se aproximam desse fator são as de adição, rearranjo, catálise e biocatálise, onde tecnicamente não há “desperdício” de átomos.

Sínteses que envolvem reações com boa economia de átomos (adição, rearranjos, reações envolvendo catálise e biocatálise) são chamadas de síntese verde; quando reações de baixa incorporação de átomos no produto final estão envolvidas (substituição, eliminação, reações estequiométricas de uma maneira geral), tem-se uma síntese marrom (MEIRELLES e BORSCHIVER, 2009, p. 39).

Porém esta métrica é mais complexa do que aparenta, em uma reação química devem ser levados em consideração, fatores como o uso de solventes, reagentes auxiliares para determinação de grupos específicos, purificação, além de não levar em consideração a toxicidade e persistência destes subprodutos na natureza (bioacumulativos) e outros fatores correlatos ao meio ambiente.

Esta falha é corrigida com o estudo do Fator E, do inglês “Environment Factor” ou “fator ambiental”, definido pela razão entre a soma das massas de todas as substâncias secundárias produzidas e a massa do produto desejado (**Equação 2**), levando em consideração o uso de solventes na reação (exceto água) e relacionando o rendimento da reação com a parte de reagentes que não foram convertidos em produto (MERAT e GIL, 2003, p. 779).

$$Fator\ E = \frac{\sum M.dos\ produtos\ secundários}{M.\ do\ produto\ desejado} \quad (2)$$

O fator E (NETO, 2010, p. 50), leva em consideração a quantidade de resíduo formado para cada quilograma de produto obtido em determinado processo, ou seja, quanto menor o valor do Fator E, mais verde é processo e mais aceitável do ponto de vista ambiental. Como se refere Machado (2007, p. 52) “o valor ideal do Factor E é zero, que ocorreria se não houvesse produção de quaisquer resíduos”.

Embora as métricas de Economia atômica e Fator E sejam tão eficientes no processo de medida da “verdura”, não expressam com clareza a realidade experimental, por serem de cunho estritamente teórico. Por sua vez, o cálculo de EMR é uma medida mais realista, que relaciona os reagentes de acordo com seus valores molares, levando em consideração o rendimento experimental da reação sugerida.

O cálculo de EMR é descrito por (**Equação 3**):

$$EMR = \frac{M.\text{do produto isolado (Kg)}}{\sum M.\text{de reagentes utilizados na reação (Kg)}} \times 100 \quad (3)$$

3.1.2. AULA 2 – Síntese do AAS: aplicando os conceitos

Em prática, o conteúdo abordado a nível procedimental foi realizado durante as aulas práticas no laboratório de orgânica experimental.

Aos 10 alunos matriculados na disciplina de Química Orgânica Experimental foram apresentados no primeiro momento aos conceitos de Química Verde e os 12 princípios que norteiam sua aplicação, no segundo momento eles puderam por em prática estes conceitos e comparar a síntese do AAS por meio de duas rotas sintéticas distintas, Rota A e Rota B.

A aplicação dos conteúdos procedimentais usou a síntese do AAS e sua purificação, pois já faziam parte do caderno de experimentos da disciplina de Química Orgânica Experimental, sendo possível o desenvolvimento deste estudo, relacionado-as à QV através do uso das métricas apresentadas.

Na Rota A é seguida a síntese convencional apresentada às turmas anteriores, com uso de H₂SO₄, sem levar em consideração os princípios da Química Verde. Já na Rota B leva-se em consideração alguns dos princípios da Química Verde em sua realização. A saber, #1 prevenir formação de resíduos, #2 busca pela eficiência atômica a fim de obter o maior rendimento possível, #3 utilizando substâncias com baixa toxicidade, #6 busca pela eficiência energética, utilizando microondas como fonte de energia a fim de reduzir o tempo e energia gastos na reação convencional, aplicando conceitos como a economia atômica, reação sem solvente, uso de microondas como fonte de energia e o estudo de métricas da QV (NASCENTES, ROSINI e NÓBREGA, 2004).

Os dados obtidos são descritos na **Tabela 2 e 3**:

Tabela 2: Descrição das Rotas A e B

Produto	Rota A				Rota B			
	Reagentes	quant.	tempo de reação (min)	rend. (%)	reagentes	quant.	tempo de reação (min)	rend. (%)
AAS	ác. Salicílico	3,0 g	20	46,4	ác. salicílico	3,0 g	3	54,4
	anidrido acético	5 mL			anidrido acético	3,5 mL		
	ác. sulfúrico conc.	5 gotas	60,5	ác. sulfúrico conc.	-	64,7		
	água	50 mL		água	50 mL			

Tabela 3: Dados obtidos no cálculo da EA%, EMR e Fator E.

Produto	EA %		EMR %		Fator E	
	Rota A	Rota B	Rota A	Rota B	Rota A	Rota B
AAS	53,25	75	21,62	31,25	0,88	0,33
			28	38,6		

As métricas da QV utilizadas foram essenciais para medir a “verdura” em ambos os processos. Os grupos de alunos realizaram ambas as rotas e obtiveram resultados parecidos, o que levou a replicabilidade do procedimento. Assim, relatados nas Tabelas 2 e 3 os resultados obtidos em dois grupos, ressaltando o cálculo das métricas de economia atômica e fator E que são dados teóricos, se apresentam com valores iguais em ambos os grupos. As vantagens e desvantagens em cada rota foram postas em discussão na aula seguinte.

3.1.3. AULA 3 – Assimilando novos valores

Dando seguimento, o terceiro momento conciliou com a análise dos dados obtidos na atividade experimental por meio de relatório e entrevista (**APÊNDICE B**) realizada com uma amostra de alunos.

Os alunos puderam comparar os dados entre si e discutindo a discrepância dos valores obtidos, observou-se que a Rota B se apresenta como rota sintética mais favorável, uma vez

que apresentou um Fator E bem menor que a Rota A, isto é, menos resíduo é formada na reação sendo esta mais aceitável, portanto, em termos ambientais.

Com relação à maior incorporação de reagentes ao produto desejado, a Rota B se mostra mais eficiente com um valor de 75 % na Economia Atômica, bem melhores que a Rota A. Com os cálculos de EMR, os alunos puderam perceber a relação que existe entre a economia atômica e o rendimento experimental da reação, expressando assim valores da economia mais condizentes à atividade prática.

Os alunos foram submetidos a uma entrevista, composta por quatro perguntas relacionadas ao que havia sido apresentado durante as aulas teóricas e prática.

A primeira pergunta se refere aos conceitos que foram apresentados nos 12 princípios da QV. Os alunos desenvolveram bem este tema, relacionando principalmente as aplicações que priorizam a eficiência atômica citando conceitos como economia atômica, redução de resíduos, maior aproveitamento dos reagentes, também foram bastante citados argumentos que refletem a preocupação do aluno com a segurança em laboratório, apresentando a prevenção de acidentes e evitar uso de reagentes tóxicos como itens a serem discutidos dentro dessa temática, foram observadas ainda, a preocupação com o meio ambiente e o uso de matéria-prima renovável.

Quanto a interpretação dos conceitos de métrica de QV, referentes à segunda pergunta, ressalta o argumento de um dos alunos entrevistados:

Aluno 1 -“Economia atômica e o fator E, estabelecem valores muito importantes na Química Verde os quais são feitos através de cálculos; possibilitando-nos o entendimento de tais resultados e verifica-se o melhor caminho da reação proposta [...]”

Todos os entrevistados tiveram respostas coerentes aos conceitos de Economia atômica e Fator E, algumas mais precisas, mas todas com distanciamentos muito pequenos entre a definição apresentada.

Quando na terceira pergunta é tratada a questão da prática dos conceitos de QV em laboratório, os alunos apontaram questões como à prevenção (evitar formação de resíduos, evitar uso de reagentes que forme subprodutos tóxicos, melhor aproveitamento dos reagentes), tratamento (melhor forma para descarte de resíduos) e segurança (prevenção de acidentes).

As sugestões dadas como resposta à quarta pergunta foram bem diversificadas, a mais citada foi sem dúvida, o descarte adequado de resíduos, mas também foram citadas: realização de mais eventos na área de QV; discutir rotas diferentes de obtenção de determinado produto, na teoria e na prática; evitar uso de reagentes nocivos a saúde humana e ao meio ambiente; utilizar matéria-prima renovável; definir melhor os critérios de segurança nos laboratórios; apresentar a QV na teoria e na prática no decorrer das disciplinas.

4. CONCLUSÃO

Na proposta deste trabalho, ao que se refere o levantamento bibliográfico, pode-se observar a crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável que alavanca os estudos na área emergente da Química Verde e que é representativo nas publicações da Revista Química Nova.

O levantamento bibliográfico foi determinante na elaboração da metodologia a ser desenvolvida, pois permitiu que o trabalho abordasse o conteúdo nas dimensões conceitual, procedimental e atitudinal, dada a contribuição que a abordagem do conteúdo de acordo com os PCN confere na assimilação do mesmo. Este recurso investigativo foi satisfatório, pois, forneceu dados relevantes de publicações/ano que usam os conceitos da QV para desenvolver pesquisa nas diversas áreas de aplicação.

A seqüência didática aplicada no decorrer da disciplina de química orgânica experimental trouxe resultados excelentes, visto que trabalhando a abordagem do conteúdo nas três dimensões aqui apresentadas, pode-se instigar a maior assimilação dos conteúdos transmitidos. Foi verificado que, através do procedimento experimental sugerido, os alunos puderam assimilar melhor o conteúdo de QV, pois o estudo e discussão da nova proposta para síntese do AAS veio para agregar conhecimento através da análise dos dados obtidos, que puderam expressar com clareza a eficiência atômica que buscou-se demonstrar.

Foi possível observar que os alunos desenvolveram habilidades e senso crítico sobre o conceito de Química Verde e sua aplicação no ensino superior, bem como domínio na interpretação dos conceitos que quantificam a “verdura” de um processo e a importância dessas métricas da QV na busca por processos cada vez menos agressivos ao ser humano e ao meio ambiente que convergem para o desenvolvimento sustentável.

Na Aula 3, pode-se perceber que os alunos demonstraram-se preocupados com a realidade atual, expressando suas opiniões e sugestões a fim de que exista a prática efetiva da QV no âmbito acadêmico.

Portanto, o desenvolvimento de metodologias, que compreenda as dimensões de conteúdo, e que divulguem a abordagem dos conceitos de Química Verde e suas aplicações inseridas em um programa didático no ensino superior, quando bem elaborados podem trazer

mudanças importantes no âmbito acadêmico. Através das mudanças de valores e novas atitudes, os alunos podem desenvolver em conjunto com os docentes, ações que tornem o desenvolvimento das práticas sócio/ambientais mais presentes no campus.

A perspectiva é que este trabalho possa ter continuidade, desenvolvendo novas práticas que se configurem como alternativas viáveis integrado ao caderno de experimentos da disciplina de Química Orgânica Experimental.

REFERÊNCIAS

- ALVES, O. L. et al. Ecomateriais: desenvolvimento e aplicação de materiais porosos funcionais para proteção ambiental. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 464-467, 2007.
- ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green Chemistry: Theory and Practice**. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- ANDRADE, J. B. D. et al. A importância das revistas Química Nova e Journal of the Brazilian Chemical Society no crescimento da área de química no Brasil. **Química Nova**, v. 30, n. 6, p. 1491-1497, 2007.
- ANTONIN, V. S.; MORASHASHI, A. C.; MALPASS, G. R. P. Compreensão de Alunos de Graduação Sobre Conceitos de Química Verde. **3rd International Workshop - Advances in Cleaner Production**, São Paulo, 18-20 Maio 2011.
- BENFATTI, X. D. Sequência didática: como desenvolver e aplicá-la no contexto escolar e acadêmico. **Revista Humanidades**, Fortaleza, v. 26, n. 2, p. 295-308, jul./dez. 2011.
- BUENO, M. I. M. S.; TERRA, J.; ANTUNES, A. M. Um método verde, rápido e simples para determinar o valor energético de farinhas e cereais matinais. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1098-1103, 2010.
- CORDELL, G. A. Sustainable drugs and global health care. **Química Nova**, v. 32, n. 5, p. 1356-1364, 2009.
- CRUZ, M. M. Ciência e Saúde. **Correio Braziliense**, 2011. Disponível em: <http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2011/11/29/interna_ciencia_saude,80610/rj-sediara-nova-conferencia-da-onu-sobre-desenvolvimento-sustentavel.shtml>. Acesso em: 01 dezembro 2011.
- CUNHA, S. et al. Biomassa em aula prática de Química Orgânica Verde: cravo-da-índia como fonte simultânea de óleo essencial e de furfural. **Química Nova**, v. 35, n. 3, p. 638-641, 2012.
- CUNHA, S.; SANTANA, L. L. B. Condensação de Knoevenagel de aldeídos aromáticos com o ácido de meldrum em água: uma aula experimental de Química Orgânica Verde. **Química Nova**, v. 35, n. 3, p. 642-647, 2012.
- CURZONS, A. D. et al. So you think your process is green, how do you know? - Using principles of sustainability to determine what is green - a corporate perspective. **Green Chemistry**, v. 3, p. 1-6, Jan. 2001.
- DUPONT, J. Economia de átomos, engenharia molecular e catálise organometálica bifásica: conceitos moleculares para tecnologias limpas. **Química Nova**, v. 23, n. 6, p. 825-831, 2000.

- FARIAS, L. A.; FÁVARO, D. I. T. Vinte anos de Química Verde: conquistas e desafios. **Química Nova**, v. 34, n. 6, p. 1089-1093, 2011.
- JUNIOR, J. J.; SILVA, F. M. D.; LACERDA, P. S. B. D. Desenvolvimento Sustentável e Química Verde. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 103-110, 2005.
- LENARDÃO, E. 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, Ja./Feb. 2003.
- LEONARD, A. **The story of stuff with Annie Leonard**. Referenced and annotated script by Annie Leonard. [S.l.]. 2010.
- MACHADO, A. A. S. C. Química e Desenvolvimento Sustentável: QV, QUIVES, QUISUS. **Química - Bol. S. P. Q.**, p. 59-67, 2004.
- MACHADO, A. A. S. C. Métricas da Química Verde: a produtividade atômica. **Química**, Out./Dez., p.47-55, 2007.
- MACHADO, A. A. S. C. Da gênese ao ensino da Química Verde. **Química Nova**, v. 34, n. 3, p. 535-543, 2011.
- MACHADO, A. A. S. C. Importância da logística da via de síntese em Química Verde. **Química Nova**, v. 34, n. 7, p. 1291-1297, 2011.
- MACHADO, A. A. S. C. Vias de síntese linear e convergente - qual é mais verde? **Química Nova**, v. 34, n. 10, p. 1862-1868, 2011.
- MARIA, T. M. R. et al. Argilas como catalisadores verdes na esterificação do colesterol. Caracterização espectroscópica e indentificação de polimorfos por métodos de análise térmica. Uma proposta laboratorial interdisciplinar para o 1º ciclo universitário. **Química Nova**, v. 32, n. 8, p. 2225-2229, 2009.
- MARTINEZ, S. T. et al. Adição de anilinas à naftoquinona em água e em fase sólida. **Química Nova**, v. 35, n. 4, p. 858-860, 2012.
- MARTINS, T. O conceito de desenvolvimento sustentável e seu contexto histórico: algumas considerações. **Revista Jus navigandi**, 2004. Disponível em: <<http://jus.com.br/revista/texto/5490>>. Acesso em: 29 novembro 2011.
- MEIRELLES, S. L.; BORSCHIVER, S. **Química Verde: a indústria química e seus impactos na indústria da construção. Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2009.
- MERAT, L. M. O. C.; GIL, R. A. D. S. S. Inserção do conceito de economia atômica no programa de uma disciplina de química orgânica experimental. **Química Nova**, v. 26, n. 5, p. 779-781, 2003.

- MOZETO, A. A.; JARDIM, W. D. F. A química ambiental no Brasil. **Química Nova**, p. 7-11, 2002.
- NASCENTES, C. C.; ROSINI, F.; NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 1012-1015, 2004.
- NETO, E. H. G.; **Hidrogênio, evoluir sem poluir: a era do hidrogênio das energias renováveis e das células a combustível**, 2005. In: CARDOSO, L. M. P. **Fontes renováveis: o hidrogênio com uma possibilidade energética. Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade de Itaúna. Itaúna. 2009.
- OMORI, Á. T.; PORTAS, V. B.; OLIVEIRA, C. D. S. D. Redução enzimática do 4-(dimetilamino)benzaldeído com pedaços de cenoura (*Daucus carota*): um exemplo simples na compreensão da biocatálise. **Química Nova**, v. 35, n. 2, p. 435-437, 2012.
- Plataforma por uma economia inclusiva, verde e responsável. Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social. [S.l.]. 2011.
- PRADO, A. G. S. Química Verde, os desafios da química no novo milênio. **Química Nova**, v. 26, n. 5, p. 738-744, 2003.
- Química Verde no Brasil: 2010-2030. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.
- RIBEIRO, M. G. T. C.; COSTA, D. A.; MACHADO, A. A. S. C. Uma métrica gráfica para avaliação holística da verdura de reacções laboratoriais - "estrela verde". **Química Nova**, Porto-PT, v. 33, n. 3, p. 759-764, 2010.
- RIBEIRO, M. G. T. C.; MACHADO, A. A. S. C.; COSTA, D. A. Uma revisão bibliográfica sobre o ensino de química verde. **Química**, Porto, Abr./Jun. p. 47-51, 2008.
- SANSEVERINO, A. M. Síntese orgânica limpa. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 102-107, 2000.
- SANSEVERINO, A. M. Microondas em síntese orgânica. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 660-667, 2002.
- SCHWAHN, M. C. A.; OAIGEN, E. R. Objetivos para o uso da experimentação no ensino de química: a visão de um grupo de licenciandos. **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, 8 novembro 2009.
- SERRÃO, C. R. G.; SILVA, M. D. D. B. A Química Verde presente nos artigos da Revista Química Nova: A divulgação científica dos últimos 10 anos. **XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ)**, Brasília-DF, 21 a 24 Julho 2010.
- SILVA, M. D. C. H. D.; RODRIGUES, G. D.; SILVA, L. H. M. D. Alternativas verdes para o preparo de amostra e determinação de poluentes. **Química Nova**, v. 33, n. 6, p. 1370-1378, 2010.

SILVA, M. D. C. H. D.; SILVA, L. H. M. D.; PAGGIOLI, F. J. Sistema aquoso bifásico: uma alternativa eficiente para extração de iões. **Química Nova**, v. 29, n. 6, p. 1332-1339, 2006.

TUNDO, P. et al. **Synthetic pathways and processes in green chemistry. Introductory overview**. 7. ed. [S.l.]: IUPAC, Pure and Applied Chemistry, v. 72, 2000.

VALLE, C. E. **Qualidade ambiental: ISO 14000**/Cyro Eyer do Vale. 5ª Edição. ed. São Paulo: Editora SENC São Paulo, 2004.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE A – Questionário

Universidade Federal de Sergipe

Campus Prof. Alberto Carvalho

Departamento de Química – Campus de Itabaiana (DQCI)

Questionário

Identificação

Período letivo: _____

Idade: _____

1. Já teve contato com conceitos de Química Verde? SIM () NÃO ()

1.1. Se sim, de que forma?

() por meio de um professor

() eventos

() internet ou outros meio de comunicação

() outros _____.

2. Atualmente se debate a questão da importância da Química Verde. Apresente seu ponto de vista sobre este debate.

3. O conceito de Química Verde ainda é pouco conhecido aqui no Brasil. Através de um exemplo vivenciado por você, fale sobre o que pode ser sugerido para consolidar estes conceitos nos laboratórios de química.

4. A abordagem de conceitos como Química Verde estão sendo lentamente introduzidos nos cursos de graduação. Fale sobre a abordagem em um curso de graduação.

APÊNDICE B – Entrevista

Universidade Federal de Sergipe

Campus Prof. Alberto Carvalho

Departamento de Química – Campus de Itabaiana (DQCI)

Entrevista

Identificação

Período letivo: _____

Idade: _____

1. Cite algum dos princípios em que se baseia o conceito de química verde.

2. Fale sobre economia atômica e fator-e.

3. Descreva, sob seu ponto de vista, a prática destes conceitos em laboratório.

4. Dê sua sugestão para que alguns dos conceitos de química verde sejam postos em prática aqui no campus.

ANEXO 1 – Publicações selecionadas da Revista Química Nova relacionadas a Química Verde

- [1] SANSEVERINO, A. M. Síntese orgânica limpa. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 102-107, 2000.
- [2] DUPONT, J. Economia de átomos, engenharia molecular e catálise organometálica bifásica: conceitos moleculares para tecnologias limpas. **Química Nova**, v. 23, n. 6, p. 825-831, 2000.
- [3] SANSEVERINO, A. M. Microondas em síntese orgânica. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 660-667, 2002.
- [4] LENARDÃO, E. 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, Ja./Feb. 2003.
- [5] PRADO, A. G. S. Química Verde, os desafios da química no novo milênio. **Química Nova**, v. 26, n. 5, p. 738-744, 2003.
- [6] JUNIOR, J. J.; SILVA, F. M. D.; LACERDA, P. S. B. D. Desenvolvimento Sustentável e Química Verde. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 103-110, 2005.
- [7] SILVA, M. D. C. H. D.; SILVA, L. H. M. D.; PAGGIOLI, F. J. Sistema aquoso bifásico: uma alternativa eficiente para extração de iões. **Química Nova**, v. 29, n. 6, p. 1332-1339, 2006.
- [8] ALVES, O. L. et al. Ecomateriais: desenvolvimento e aplicação de materiais porosos funcionais para proteção ambiental. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 464-467, 2007.
- [9] CORDELL, G. A. Sustainable drugs and global health care. **Química Nova**, v. 32, n. 5, p. 1356-1364, 2009.
- [10] MARIA, T. M. R. et al. Argilas como catalisadores verdes na esterificação do colesterol. Caracterização espectroscópica e indentificação de polimorfos por métodos de análise térmica. Uma proposta laboratorial interdisciplinar para o 1º ciclo universitário. **Química Nova**, v. 32, n. 8, p. 2225-2229, 2009.
- [11] BUENO, M. I. M. S.; TERRA, J.; ANTUNES, A. M. Um método verde, rápido e simples para determinar o valor energético de farinhas e cereais matinais. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1098-1103, 2010.

- [12] SILVA, M. D. C. H. D.; RODRIGUES, G. D.; SILVA, L. H. M. D. Alternativas verdes para o preparo de amostra e determinação de poluentes. **Química Nova**, v. 33, n. 6, p. 1370-1378, 2010.
- [13] MACHADO, A. A. S. C. Da gênese ao ensino da Química Verde. **Química Nova**, v. 34, n. 3, p. 535-543, 2011.
- [14] FARIAS, L. A.; FÁVARO, D. I. T. Vinte anos de Química Verde: conquistas e desafios. **Química Nova**, v. 34, n. 6, p. 1089-1093, 2011.
- [15] MACHADO, A. A. S. C. Importância da logística da via de síntese em Química Verde. **Química Nova**, v. 34, n. 7, p. 1291-1297, 2011.
- [16] MACHADO, A. A. S. C. Vias de síntese linear e convergente - qual é mais verde? **Química Nova**, v. 34, n. 10, p. 1862-1868, 2011.
- [17] OMORI, Á. T.; PORTAS, V. B.; OLIVEIRA, C. D. S. D. Redução enzimática do 4-(dimetilamino)benzaldeído com pedaços de cenoura (*Daucus carota*): um exemplo simples na compreensão da biocatálise. **Química Nova**, v. 35, n. 2, p. 435-437, 2012.
- [18] CUNHA, S. et al. Biomassa em aula prática de Química Orgânica Verde: cravo-da-índia como fonte simultânea de óleo essencial e de furfural. **Química Nova**, v. 35, n. 3, p. 638-641, 2012.
- [19] CUNHA, S.; SANTANA, L. L. B. Condensação de Knoevenagel de aldeídos aromáticos com o ácido de meldrum em água: uma aula experimental de Química Orgânica Verde. **Química Nova**, v. 35, n. 3, p. 642-647, 2012.
- [20] MARTINEZ, S. T. et al. Adição de anilinas à naftoquinona em água e em fase sólida. **Química Nova**, v. 35, n. 4, p. 858-860, 2012.

ANEXO 2 – Introdução a Química Verde

QUÍMICA VERDE

Baseia-se na utilização de técnicas químicas e metodológicas que reduzem ou eliminam o uso de solventes e reagentes ou geração de produtos e subprodutos tóxicos, que são nocivos à saúde humana e ao ambiente.

Este conceito, que pode também ser atribuído à tecnologia limpa, já é relativamente comum em aplicações industriais, especialmente em países com indústria química bastante desenvolvida e que apresentam controle rigoroso emissão de poluentes e vem, gradativamente, sendo incorporado ao meio acadêmico, no ensino e pesquisa.

As recomendações para o desenvolvimento de tecnologias de QV estão resumidas em 12 princípios:

1. Prevenção: evitar a formação de resíduos tóxicos.
2. Eficiência atômica: incorporar o maior número possível de átomos dos reagentes no produto final.
3. Síntese segura: metodologias sintéticas que utilizam e geram substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.
4. Desenvolvimento de produtos seguros: produtos que não causem danos ao ambiente.
5. Uso de solventes e auxiliares seguros; utilização de substâncias auxiliares inócuas ou facilmente reutilizáveis como solventes, agentes de purificação e secantes.
6. Busca pela eficiência de energia: desenvolvimento de processos que ocorram á temperatura e pressão ambientes.
7. Uso de fontes de matéria-prima renováveis: uso de biomassa como matéria-prima deve ser priorizado.
8. Evitar a formação de derivados: evitar processos que envolvem intermediários com grupos bloqueadores, proteção/desproteção, ou qualquer modificação temporária da molécula.
9. Catálise (seletividade): em substituição aos reagentes estequiométricos
10. Produtos degradáveis: biocompatibilidade; não devem permanecer no ambiente, degradando-se em produções inócuos.
11. Análise em tempo real para a prevenção da poluição: possibilidade de formação de substancias tóxicas deverá ser detectada antes de sua geração.

12. Química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes: minimização do risco de acidentes, como vazamentos, incêndios e explosões.

Economia atômica e fator E

O parâmetro economia atômica ou porcentagem de utilização atômica (EA) exprime quanto dos reagentes foi incorporado ao produto, segundo a equação estequiométrica da reação. É, portanto um parâmetro de natureza teórica, que não leva em consideração o rendimento da reação ou a presença de outras substâncias além dos reagentes, tanto durante a reação (por exemplo solvente) quanto na etapa de purificação do produto. Entretanto é uma ferramenta bastante útil para uma avaliação rápida da quantidade de rejeitos que serão gerados pela reação em pauta.

A EA pode ser calculada dividindo-se o peso molecular do produto desejado pelo obtido da soma de todas as substâncias produzidas na(s) equação(ões) estequiométrica(s) no processo (equação 1).

$$EA\% = \frac{P.M.do\ produto\ desejado}{\sum P.M.das\ substancias\ produzidas} \times 100 \quad (1)$$

Em geral, a eficiência de uma reação química é determinada pelo seu rendimento em porcentagem. Calcula-se o rendimento teórico, com base no reagente limitante e, o rendimento experimental da reação através da razão entre o rendimento obtido/rendimento teórico X 100. Em geral, rendimentos de 90% são considerados excelentes, 60% um rendimento razoável e 20% ou menos, um rendimento baixo.

Entretanto, este cálculo de eficiência, ou de rendimento, não considera todo o material (resíduo ou sub-produtos) obtido além daquele que se deseja, bem como os reagentes e auxiliares não incorporados no produto final. Ele nos diz apenas parte do que realmente aconteceu durante o procedimento experimental.

Um conceito também introduzido para descrever a eficiência de uma reação de maneira semelhante à economia de átomos é chamado de fator E. utilizado especialmente a nível industrial, o fator E considera a quantidade de resíduo gerado para cada quilograma de produto obtido. O fator E leva em consideração todas as substâncias utilizadas na reação, incluindo-se os solventes (exceto a água) e a parcela de reagentes não convertidos. Quanto

maior o valor do fator E, maior a massa de rejeito e menos aceitável o processo, do ponto de vista ambiental.

O fator E pode ser calculado (equação 2):

$$\text{fator } E = \frac{\sum P.M. \text{ dos produtos secundários}}{P.M. \text{ do produto desejado}} \quad (2)$$

Bibliografia:

[HTTP://www.ufpel.tche.br/iqg/wwverde/2012](http://www.ufpel.tche.br/iqg/wwverde/2012)

LENARDÃO, E. 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, Ja./Feb. 2003.

MERAT, L. M. O. C.; GIL, R. A. D. S. S. Inserção do conceito de economia atômica no programa de uma disciplina de química orgânica experimental. **Química Nova**, v. 26, n. 5, p. 779-781, 2003.

NASCENTES, C. C.; ROSINI, F.; NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 1012-1015, 2004.

ANEXO 3 – Atividade Experimental Relacionada aos Conceitos de Química Verde

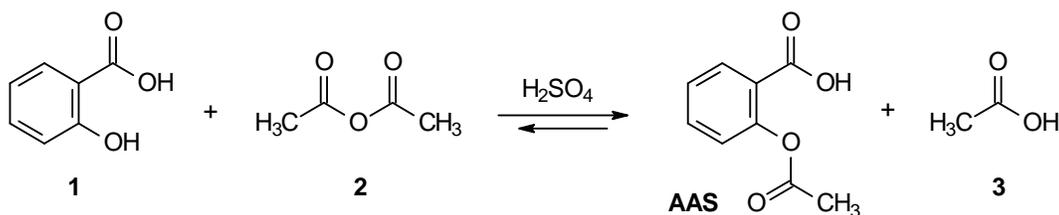
SÍNTESE E PURIFICAÇÃO DO ÁCIDO ACETILSALICÍLICO (AAS)

1. INTRODUÇÃO

O Ácido Acetilsalicílico (AAS), também conhecido como Aspirina, é um dos remédios mais populares mundialmente. Milhares de toneladas de AAS são produzidas anualmente, somente nos Estados Unidos. O AAS foi desenvolvido na Alemanha há mais de cem anos por Felix Hoffmann, um pesquisador das indústrias Bayer. Este fármaco de estrutura relativamente simples atua no corpo humano como um poderoso analgésico (alivia a dor), antipirético (reduz a febre) e antiinflamatório. Tem sido empregado também na prevenção de problemas cardiovasculares, devido à sua ação vasodilatadora. Um comprimido de aspirina é composto de aproximadamente 0,32 g de ácido acetilsalicílico.

A síntese da aspirina é possível através de uma reação de acetilação do ácido salicílico **1**, um composto aromático bifuncional (ou seja, possui dois grupos funcionais: fenol e ácido carboxílico). Apesar de possuir propriedades medicinais similares ao do AAS, o emprego do ácido salicílico como um fármaco é severamente limitado por seus efeitos colaterais, ocasionando severa irritação na mucosa da boca, garganta, e estômago.

A reação de acetilação do ácido salicílico **1** ocorre através do ataque nucleofílico do grupo -OH fenólico sobre o carbono carbonílico do anidrido acético **2**, seguido de eliminação de ácido acético **3**, formado como um subproduto da reação. É importante notar a utilização de ácido sulfúrico como um catalisador desta reação de esterificação, tornando-a mais rápida e prática do ponto de vista comercial.



O ácido salicílico será preparado neste experimento, através da reação de acetilação do ácido salicílico **1** utilizando-se anidrido acético como agente acilante e ácido sulfúrico e também utilizando **Micro-ondas** como fonte de energia.

A maior impureza no produto final é o próprio ácido salicílico, que pode estar presente devido à acetilação incompleta ou a partir da hidrólise do produto durante o processo de isolamento. Este material é removido durante as várias etapas de purificação e na recristalização do produto.

O ácido acetilsalicílico é solúvel em etanol e em água quente, mas pouco solúvel em água fria. Por diferença de solubilidade em um mesmo solvente (ou em misturas de solventes), é possível purificar o ácido acetilsalicílico eficientemente através da técnica de recristalização.

2. MATERIAIS E REAGENTES

Reagentes:	Material utilizado na Síntese com H₂SO₄	Material utilizado na Síntese com MW
- Clorofórmio	- 1 erlenmeyer (50 mL)	- 1 erlenmeyer (250 mL)
- Ácido salicílico	- 1 pipeta (1 mL)	- 1 pipeta (5 mL)
- Anidrido acético	- 1 pipeta de plástico	- 1 pipeta de plástico
- Água destilada	- 1 bastão de vidro	- 1 béquer (250 mL)
- Álcool etílico	- 1 espátula	- 1 bastão de vidro
- Cloreto de ferro (III)	- Funil de Büchner	- 2 béquer (80 mL)
- Ácido acetilsalicílico padrão	- Banho maria	- 1 vidro de relógio
- Ácido sulfúrico	- Banho de gelo	- 1 espátula
Equipamentos		- Funil de Büchner
- MW		- Banho de gelo
- Bomba de vácuo		
- Placa de aquecimento		

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1. Síntese utilizando o H₂SO₄

Coloque 3,0 g de ácido salicílico seco e 5,0 mL de anidrido acético em um erlenmeyer de 50 mL (ou um balão de 100 mL). Adicione 5 gotas de ácido sulfúrico concentrado. Agite o frasco para assegurar uma mistura completa. Aqueça a reação em banho-maria (por volta de 50-60°C), mantendo a agitação durante 10-15 minutos. Deixe a mistura esfriar e em seguida adicione 50 mL de água gelada. Espere formar os cristais e em seguida filtre no funil de

Büchner lavando com água gelada (2 x 5,0 mL). Após seco pese e calcule o rendimento experimental.

3.2. Síntese utilizando Micro-ondas (NASCENTES, ROSINI e NÓBREGA, 2004)

Em um erlenmeyer de 250 mL adicione 3,0g de Ácido Salicílico (AS) e 3,5 mL de Anidrido Acético. Dissolva bem todo o AS, formando uma pasta. Posicione o erlenmeyer no centro do aparelho de Microondas, pondo sobre o erlenmeyer um vidro de relógio, ou béquer (250 mL) adicione água e posicione no canto direito do forno, próximo á borda da bandeja do aparelho (ponto de menor incidência de radiação). Programe o forno na máxima potência por um período de 3 min. Após a reação, recolha o erlenmeyer (CUIDADOSAMENTE) e torne a mistura oleosa lentamente par um béquer contendo água e gelo. Mantenha a mistura em banho de gelo até a formação de um sólido branco. Se necessário atrite as paredes do béquer com auxílio de um bastão de vidro para forçar a formação do sólido. Filtre o obtido, lave com água fria.

Secar em estufa (~50°C) e calcule o rendimento experimental.

3.3. Recristalização

Dissolva o AAS obtido em um béquer utilizando uma quantidade mínima de Álcool Etilico (EtOH), aqueça até que todo o sólido tenha sido dissolvido. Verta o conteúdo do béquer contendo EtOH em outro béquer com água aquecida, volume de água é aproximadamente o dobro de volume de EtOH utilizado para dissolver o ácido. Se a solução ficar turva leve novamente ao aquecimento ou se for necessário adicione mais EtOH. Quando a solução estiver com aparência límpida (transparente), tire do aquecimento e deixe resfriar até a formação de cristais. Mantenha em banho de gelo ou atrite o béquer para forçar a formação dos cristais. Filtre os cristais, lavando com água fria. Deixe secar em estufa 50°C.

3.4. Testes

Adicione uma solução de Cloreto de Ferro (III), FeCl_3 , em dois tubos de ensaio em seguida adicione AS em um dos tubos e em outro adicione o AAS sintetizado. Observe o ocorrido e anote.

4. PÓS-LABORATÓRIO

- a) Calcular o rendimento, eficiência de massa da reação, energética e economia atômica da reação.
- b) Determine o Ponto de Fusão do produto obtido comparando com o PF do AS e do AAS padrão, para comprovar a pureza dos cristais obtidos.
- c) Em quais pontos você pode encontrar os conceitos de química verde?

REFERÊNCIAS

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green Chemistry: Theory and Practice**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

LENARDÃO, E. 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, Ja./Feb. 2003.

MACHADO, A. A. S. C. Métricas da Química Verde: a produtividade atômica. **Química**, Out./Dez., p.47-55, 2007.

MERAT, L. M. O. C.; GIL, R. A. D. S. S. Inserção do conceito de economia atômica no programa de uma disciplina de química orgânica experimental. **Química Nova**, v. 26, n. 5, p. 779-781, 2003.

NASCENTES, C. C.; ROSINI, F.; NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 1012-1015, 2004.