



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS - PPGEC

LEANDRO CESAR SANTOS DA SILVA

**RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA LICENCIATURA EM QUÍMICA: ANÁLISE DE
UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE BIOGÁS A PARTIR DA TEORIA DA
ASSIMILAÇÃO DAS AÇÕES POR ETAPAS DE GALPERIN**

RECIFE
2019

LEANDRO CESAR SANTOS DA SILVA

**RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA LICENCIATURA EM QUÍMICA: ANÁLISE DE
UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE BIOGÁS A PARTIR DA TEORIA DA
ASSIMILAÇÃO DAS AÇÕES POR ETAPAS DE GALPERIN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Orientador(a): Profa. Dra. Verônica Tavares Santos Batinga.

Linha de Pesquisa: Processos de construção de significados em ensino de Ciências e Matemática

RECIFE
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S586r Silva, Leandro Cesar Santos da
Resolução de problemas na licenciatura em química: análise de
uma sequência didática sobre biogás a partir da Teoria da assimilação
das ações por etapas de Galperin / Leandro Cesar Santos da Silva. –
2019.
159 f. : il.

Orientadora: Verônica Tavares Santos Batinga.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e
Matemática, Recife, BR-PE, 2019.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Química - Estudo e ensino 2. Aprendizagem baseada em
problemas 3. Solução de problemas 4. Biogás I. Batinga, Verônica
Tavares Santos, orient. II. Título

CDD 370

FOLHA DE APROVAÇÃO

LEANDRO CESAR SANTOS DA SILVA

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA LICENCIATURA EM QUÍMICA: ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE BIOGÁS A PARTIR DA TEORIA DA ASSIMILAÇÃO DAS AÇÕES POR ETAPAS DE GALPERIN

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre.

Linha de Pesquisa: Processos de construção de significados em ensino de Ciências e Matemática.

Data de aprovação: 05/08/2019.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Verônica Tavares Santos Batinga
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Orientadora e Presidente

Prof. Dr. Petronildo Bezerra da Silva
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
Examinador Externo

Prof^a. Dr^a. Helaine Sivini Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Examinadora Interna

Prof^a. Dr^a. Edenia Maria Ribeiro
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Examinadora Interna

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho ao amor da minha vida Jurjen Lasschuit, meu marido, meu amigo e a pessoa mais incrível do mundo. Obrigada amor por todo o apoio, pelo incentivo e por confiar em mim todo o tempo, pelo carinho, paciência e por me fazer. Hoje, quero retribuir: “Ik hou van je”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os amigos e colegas que me ajudaram nessa jornada. Em especial, quero agradecer a Amanda Sales, Anna Paula Britto e Beatriz Salgueiro. Aos queridos da Parte Sólida, em especial sua Nata (Merielle Arruda e Camila Campelo). Walter Júnior (sister), aos queridos amigos da Holanda (Annemarie Kemp e Geunho Choi), a galera do NUPEDICC. Meu muito obrigado. Vocês foram muito importantes, cada um em momentos e circunstâncias diferentes, mas especiais em cada uma delas. Amo vocês.

Obrigada aos colegas do mestrado, professores do PPGEC e aos sujeitos dessa pesquisa por contribuírem com nosso trabalho e por me mostrar todo dia o quão desafiador, mas tão gratificante é fazer parte da Rural, como aluno e como professor, durante a realização do estágio à docência, com a supervisão da professora orientadora. Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.

Agradeço a Verônica Tavares Santos Batinga pela orientação e por todo o trabalho realizado.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da bolsa, sem a qual não teria condições de cursar o mestrado.

Agradeço aos membros da banca pela contribuição, disponibilidade e atenção na leitura da dissertação.

Por fim, agradeço àqueles que lutaram, lutam e lutarão pela equidade de acesso ao Ensino Superior e a Pós-Graduação no Brasil. Para todo aquele que tem a sua existência ameaçada e é resistência. Estamos juntas e juntos.

RESUMO

Este trabalho objetiva investigar as contribuições de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) sobre Biogás, com base no Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas (EABRP) para o processo de aprendizagem do conceito de hidrocarbonetos (metano) e das reações químicas envolvidas na produção de Biogás pelos licenciandos em Química a partir de aspectos da Teoria da Assimilação das Ações por Etapas de Galperin. A SEA foi desenvolvida para licenciandos de Química na disciplina de Instrumentação para o Ensino de Química II, numa Instituição de Ensino Superior de Pernambuco. O presente estudo envolve uma abordagem qualitativa do tipo estudo de caso. Os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da pesquisa foram organizados em quatro etapas: 1) Elaboração; 2) Desenvolvimento; 3) Desenho e 4) Análise da SEA. Para realizar a análise dos dados oriundos das etapas de controle inicial, assimilação e controle final foram estabelecidas categorias baseadas nas respostas dos licenciandos, e em algumas categorias da Teoria de Assimilação das Ações Mentais por Etapas de Galperin, tais como: etapas de formação da ação e os indicadores qualitativos das ações. Os resultados da análise indicam que no controle inicial, os licenciandos apresentaram um desempenho elementar sobre as reações químicas envolvidas na produção de Biogás. A análise do percurso de aprendizagem dos licenciandos sobre os conceitos de hidrocarbonetos (metano) e das reações químicas envolvidas na produção de Biogás foi feita a partir das atividades e ações realizadas, de acordo com as etapas de assimilação de Galperin: motivacional, base orientadora da ação (BOA), plano material/materializado, plano da linguagem externa e plano mental. Em seguida, as atividades e ações realizadas pelos licenciandos na SEA foram analisadas a partir da forma e qualidades da ação (graus de generalização, consciência, detalhamento e independência). Por meio da análise das atividades (Resolução de questões sobre o Experimento e Relatório de Visita de Campo) no plano da linguagem externa pode-se, de modo geral, inferir que os licenciandos manifestaram um grau de consciência e detalhamento satisfatórios, apontando indícios de que a ação no plano material, de forma gradativa, vai sendo internalizada e passando ao plano mental. Alguns licenciandos encontraram dificuldades no processo de internalização dessas atividades, não apresentando um grau de generalização e independência satisfatórios. Por fim, percebemos avanços significativos na compreensão dos conceitos de hidrocarbonetos (metano) e das reações químicas envolvidas na produção de Biogás a partir de evidências de transformação da ação verbal externa em ação mental de forma independente e generalizada. Destacamos que os avanços obtidos se devem ao desenvolvimento das atividades da SEA e ao seu potencial de instrumentalização para o Ensino de Química no nível superior.

Palavras-chave: Resolução de problemas; SEA; biogás; ensino de química; licenciatura em química; teoria da assimilação das ações mentais por etapas de Galperin.

ABSTRACT

This paper aims to investigate the contributions of a Biogas Teaching Learning Sequences (TLS) based on Problem-Based Teaching and Learning (PBTL) to the learning process of the hydrocarbon (methane) concept and the chemical reactions involved in the production of biogas by undergraduates in chemistry from aspects of Galperin's Theory of Step Action Assimilation. The SEA was developed for Chemistry graduates in the Instrumentation for Chemistry Teaching II discipline at a Higher Education Institution in Pernambuco. The present study involves a qualitative case study approach. The methodological procedures adopted for the research development were organized in four stages: 1) Elaboration; 2) development; 3) Design and 4) Analysis of SEA. In order to analyze the data from the initial control, assimilation and final control stages, categories were established based on the responses of the undergraduates, and some categories of the Galperin Step Mental Action Assimilation Theory, such as: action formation steps and the qualitative indicators of actions. The results of the analysis indicate that in the initial control, the preservice teachers presented an elementary performance on the chemical reactions involved in the production of biogas. The analysis of the undergraduate learning pathway on the concepts of hydrocarbons (methane) and the chemical reactions involved in the production of biogas was made from the activities and actions performed, according to Galperin's assimilation stages: motivational, guiding basis of action (BOA), material/materialized plane, external language plane and mental plane. Then, the activities and actions performed by the undergraduates at SEA were analyzed based on the form and qualities of the action (degrees of generalization, awareness, detail and independence). Through the analysis of the activities (Resolution of questions about the Experiment and Field Visit Report) in the external language level, it can generally be inferred that the undergraduates manifested a satisfactory degree of awareness and detail, pointing to indications that the action on the material plane gradually becomes internalized and moves to the mental plane. Some graduates encountered difficulties in the internalization process of these activities, not presenting a satisfactory degree of generalization and independence. Finally, we realize significant advances in understanding the concepts of hydrocarbons (methane) and the chemical reactions involved in the production of biogas from evidence of the transformation of external verbal action into mental action independently and generalized. We highlight that the advances obtained are due to the development of TSL's activities and its potential instrumentalization for Chemistry Teaching at the higher level.

Keywords: Problem solving; TLS; biogas; chemistry teaching; chemistry graduates, Theory of Assimilation of mental acts for stages of Galperin.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Papel do professor e do aluno no EABRP	32
Quadro 2:	Vantagens e limitações da aplicação do EABRP	40
Quadro 3:	Formas da ação segundo Galperin (1986).....	58
Quadro 4:	Relações entre a ABRP e a Teoria de Galperin.....	62
Quadro 5:	Problema P1	67
Quadro 6:	Características do EABRP e momentos da SEA	73
Quadro 7:	Desenho da sequência sobre Biogás	74
Quadro 8:	Espelho resposta para P1	79
Quadro 9:	Descrição dos indicadores qualitativos para o Problema P1	79
Quadro 10:	Síntese das atividades da SEA baseado em Leontiev (1985).	80
Quadro 11:	Categorias da Etapa de assimilação de acordo com Galperin.....	84
Quadro 12:	Graus de assimilação dos conceitos abordados nas atividades	86
Quadro 13:	Objetivo dos questionamentos e categorias de análises das respostas a P1.....	88
Quadro 14:	Indicadores qualitativos que emergiram da ação dos licenciandos .	90
Quadro 15:	Ações e Operações dos alunos nas atividades da SEA (BOA tipo II)	98
Quadro 16:	Resultados da Resolução das Questões	113
Quadro 17:	Ideais centrais e indicadores de análise para Relatório de Visita ..	115
Quadro 18:	Ideias centrais e trechos de respostas dos alunos nos relatórios ..	118
Quadro 19:	Indicadores qualitativos da ação no Relatório da Visita	119
Quadro 20:	Grau de desenvolvimento dos conceitos abordados na SEA	122
Quadro 21:	Indicadores de Avaliação para a Atividade de Produção Textual	123
Quadro 22:	Resposta do aluno AJ sobre composição do Biogás em P1 (início da SEA) e Produção Textual (final da SEA).....	124
Quadro 23:	Resposta do aluno AF sobre Q2 em P1 (início da SEA) e Q3 Produção Textual (final da SEA)	126
Quadro 24:	Resultados da etapa do plano mental na análise da Produção Textual.	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Processo Cíclico do EABRP	30
Figura 2:	Rede conceitual do EABRP	36
Figura 3:	Esquema simplificado de Biodigestor	45
Figura 4:	Etapas principais na produção de biogás	46
Figura 5:	Planejamento de uma sequência de ensino e aprendizagem.....	50
Figura 6:	Biodigestor montado	70
Figura 7:	Leitura do roteiro	101
Figura 8:	Demonstração da montagem.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	–	Aprendizagem Baseada em Problemas
BOA	–	Base Orientadora da Ação
CAPES	–	Coordenação de Pessoal de nível Superior
CTSA	–	Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente
DCN	–	Diretrizes Curriculares Nacionais
DCNEM	–	Diretrizes Curriculares Nacionais para Ensino Médio
DCNEB	–	Diretrizes para Formação de Professores da Educação Básica
EABRP	–	Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas
EPI	–	Ensino por Investigação
GEE	–	Gases de Efeito Estufa
GRS	–	Grupo de Resíduos Sólidos
IEQ II	–	Instrumentação para o Ensino de Química II
OCN	–	Orientações Curriculares Nacionais
MME	–	Ministério das Minas e Energia
P1	–	Problema P1
Q1	–	Questão 1
Q2	–	Questão 2
Q3	–	Questão 3
Q4	–	Questão 4
Q5	–	Questão 5
Q6	–	Questão 6
PBL	–	Problem-Based Learning
PCN	–	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNE	–	Plano Nacional da Educação
RP	–	Resolução de Problemas
IES	–	Instituição de Ensino Superior
SEA	–	Sequência de Ensino e Aprendizagem
TLS	-	Teaching-Learning Sequences
ZDP	-	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS.....	20
1.1.1 Objetivo Geral	20
1.1.2 Objetivos Específicos.....	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1 ENSINO E APRENDIZAGEM BASEADOS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS (EABRP)	22
2.1.1 Ensino e Aprendizagem Baseados na Resolução de Problemas (EABRP): breve histórico	22
2.1.2 Significados sobre Problema	24
2.1.3 Tipos e Características de Problemas	25
2.1.4 Aspectos Teórico-Metodológico do EABRP: Processo de Elaboração e Resolução de problemas	27
2.1.5 Modalidades de avaliação no EABRP	37
2.1.6 Vantagens e Limitações do EABRP	39
2.2 BIOGÁS NO CONTEXTO DA QUÍMICA E SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM	41
2.2.1 Biogás e Biodigestores no Contexto da Química.....	41
2.2.2 Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA)	49
2.3 ASPECTOS DA TEORIA DA ASSIMILAÇÃO DAS AÇÕES MENTAIS POR ETAPAS DE GALPERIN.....	52
2.3.1 Elementos da Teoria da Assimilação de Ações Mentais por Etapas	52
2.3.2 Algumas relações entre o EABRP e aspectos da Teoria de Galperin.....	60
3 PERCURSO METODOLÓGICO	64
3.1 CONTEXTO E SUJEITOS DA PESQUISA	65
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	66
3.2.1 Elaboração da Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA)	66
3.2.2 Desenvolvimento da SEA.....	67
3.2.3 Desenho da SEA	74
3.2.4 Referencial de Análise de Dados	78
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	87

4.1	CONTROLE INICIAL – DIAGNÓSTICO DO NÍVEL DE COMPREENSÃO DOS LICENCIANDOS ACERCA DOS CONCEITOS DE HIDROCARBONETOS (METANO) E REAÇÕES QUÍMICAS ENVOLVIDAS NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS (IMAGENS E PROBLEMA P1 - MOMENTO 1).....	87
4.2	ANÁLISE DAS ATIVIDADES DA SEA: ETAPAS DE ASSIMILAÇÃO COM BASE EM ASPECTOS DA TEORIA DE GALPERIN.....	95
4.2.1	Etapa Motivacional	96
4.2.2	Etapa de Estabelecimento da Base Orientadora da Ação (BOA	97
4.2.3	Etapa Material/Materializada	99
4.2.4	Etapa de Formação da ação no Plano da Linguagem Externa: Resolução das Questões sobre o Experimento.....	103
4.2.5	Etapa de Formação da ação no Plano da Linguagem Externa: Relatório de Visita de Campo.....	114
4.2.6	Etapa de Formação da Ação no Plano Mental	121
4.3	CONTROLE FINAL - NÍVEL DE COMPREENSÃO DOS ALUNOS ACERCA DO CONTEÚDO HIDROCARBONETOS (METANO) E DAS REAÇÕES QUÍMICAS ENVOLVIDAS NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS.....	121
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
	REFERÊNCIAS.....	137

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o sistema educacional tem buscado superar a prática do ensino descontextualizado, no entanto, não é tarefa fácil (SÁ e SANTOS, 2009). É um equívoco ensinar ciência como se os produtos desta resultem em verdade absoluta (CARVALHO, 2013). Isto porque, considerar a ciência como produto acabado atribui ao conhecimento científico uma ideia simplista, que dificulta o processo de construção do conhecimento científico escolar e acadêmico, e corrobora para a formação de uma atitude ingênua perante a ciência (CASTRO, 2005).

Desde a segunda metade do século XX, transformações sociais e culturais vêm suscitando mudanças significativas na educação. A criação de documentos oficiais tem evidenciado essas mudanças, como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) que prevê a formação de indivíduos capacitados para atuarem na sociedade de forma reflexiva, ativa e crítica, compreendendo que o conhecimento científico é oriundo de um processo de construção histórico, político, social e cultural (BRASIL, 1996); e as Diretrizes para Formação de Professores da Educação Básica (DCNEB) (BRASIL, 2001). que apontam a necessidade de relacionar a ciência e o conhecimento cotidiano do aluno, destacando que o futuro professor desenvolva competências e habilidades a partir da vivência de metodologias capazes de promover uma aprendizagem significativa (BRASIL, 2001).

Partindo dessas considerações, pesquisas na área de Didática de Ciências têm apresentado uma crescente produção científica e uma notória repercussão dos três grandes eixos de investigação do Ensino de Química: estratégias e modelos de ensino; o papel da linguagem na construção de conceitos científicos; concepções de professores e modelos de formação docente (SCHNETZLER, 2002). No entanto, muitos trabalhos (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2011; PASSOS e SANTOS, 2008; CARNICER e FURIÓ, 2002; MALDANER, 2000) salientam acerca da incipiente inclusão dessas estratégias nos cursos de formação inicial de professor, especificamente, a abordagem de resolução de problemas. Nessa perspectiva, compreendemos que tal aspecto pode justificar a necessidade de pesquisas sobre essa abordagem no processo de ensino-aprendizagem de futuros professores de Química no sentido de propiciar a contextualização de conhecimentos químicos e contribuir para a vivência de estratégias de ensino diferenciadas (PASSOS e SANTOS, 2013).

Nessa direção, as Orientações Curriculares Nacionais -OCN (BRASIL, 2006) recomendam uma diminuição na ênfase do ensino tradicional, destacando a relevância ao ensino pautado no desenvolvimento de competências e nos processos investigativos (FREIRE, 2004).

A discussão de assuntos controversos, a condução de investigação pelos alunos, o envolvimento em projetos interdisciplinares (realizações que implicam a seleção de informação e comunicação de resultados) que conduzem de uma forma mais completa, à compreensão do que é a Ciência (GALVÃO *et al.* 2002, p. 8).

Freire e Silva (2013) destacam que como parte da formação inicial é importante que professores de ciências, em particular química, vivenciem atividades de resolução de problemas com objetivo de que eles possam construir um conhecimento profissional fundamentado e possam propor para os alunos problemas nas suas aulas e outras atividades didáticas.

As Orientações Curriculares Nacionais (OCN) enfatizam que a química tem um papel fundamental na formação de cidadãos ativos, capazes de identificar e resolver problemas emergentes de seu cotidiano, bem como problemas escolares que englobem desde conhecimentos químicos específicos até questões tecnológicas, ambientais e sociais (BRASIL, 2006). Neste caso, o papel do docente no Ensino e Aprendizagem Baseados na Resolução de Problemas (EABRP) consiste em incentivar e propor aos alunos a identificação e resolução de problemas para aprender novos conhecimentos científicos.

No EABRP os alunos podem vivenciar processos de observação, reflexão, ação e investigação que são característicos de atividade científica. Isto favorece a percepção dos alunos de que o conhecimento científico é construído a partir de processos situados culturalmente. Nessa perspectiva a ciência poderá ser compreendida como uma atividade humana, de aspecto dinâmico e aberto (BATINGA e TEIXEIRA, 2014)

Entretanto, a implementação do EABRP não é algo simples, pois exige do professor e dos alunos a transposição de uma ação prática para uma ação intelectual, através da realização de ações e tomada de consciência. O papel do professor na mediação da construção do conhecimento do aluno fazendo uso de questionamentos, reflexões e sistematizações de ideias não é fácil. Reconhecer também a importância do erro na construção de novos conhecimentos é tarefa essencial, pois quando este erro é trabalhado pelo docente e superado pelo aluno há grandes chances de que o

aluno venha a aprender de um modo mais significativo do que em muitas aulas expositivas, quando o aluno apenas reproduz o raciocínio do professor (CARVALHO, 2013).

Nesse trabalho buscamos fazer uso da EABRP como um referencial teórico-metodológico para estruturação de uma SEA sobre biogás a fim de proporcionar o desenvolvimento de habilidades investigativas e promover a assimilação de conceitos de química orgânica, de maneira interligada a situações reais que possibilitem a formação de competências de aprender a aprender, o que corrobora com as novas demandas educacionais para o ensino superior (CASTRO, 2005).

Segundo Amaral e Ferreira (2018), a elaboração, aplicação e análise de propostas de intervenção em sala de aula, delineadas a partir de sequências de ensino e aprendizagem (SEA) e estruturadas com atividades que fazem uso de recursos didáticos diversos têm sido uma forma de articular aspectos da teoria e da prática nas investigações para o ensino de química. As SEA podem ser planejadas para abordar temas multidisciplinares e socio científicos relacionados a vários conteúdos curriculares. Esses temas proporcionam a incorporação de aspectos científicos e tecnológicos, e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas (SOUZA e BATINGA, 2013), como é o caso do tema Biogás.

Com o intuito de delimitar o tema da SEA e os respectivos conteúdos foi realizado um levantamento bibliográfico que teve como objetivo investigar a ocorrência de trabalhos na área de ensino de Química na literatura a fim de identificar estudos que discutissem a resolução de problemas como uma abordagem de ensino-aprendizagem de conteúdos químicos, a partir das seguintes palavras-chaves: química, ensino superior de química e resolução de problemas apresentada como abordagem de ensino e aprendizagem. Para isso, foi feita uma pesquisa em revistas nacionais e internacionais da área de ensino de Ciências e Química, classificados pela Coordenação de Pessoal de Nível Superior (CAPES) como Qualis A e Qualis B1. A pesquisa foi realizada em artigos publicados em 10 periódicos durante o período de 2008 a 2017. Os periódicos pesquisados foram: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Educacion Quimica, Química Nova, Formación Universitaria., Research in Science & Technological Education, Revista Electrónica de Investigación Educativa, Enseñanza de las Ciencias, Estudios Pedagógicos, Tecné, episteme y didaxis e Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia. A relevância e o impacto na área de ensino das ciências, em especial da química, foi o motivo para escolha desses

periódicos. A pesquisa bibliográfica nos periódicos selecionados foi realizada por meio da leitura e análise dos títulos, das palavras-chave, dos resumos e dos textos completos de 16 artigos encontrados envolvendo resolução de problemas. Dentre eles, 8 pesquisas foram realizadas com participantes pertencentes a cursos de Licenciatura em Química.

O artigo “Como formular problemas a partir de exercícios? Argumentos dos licenciandos em Química” (FREIRE e SILVA, 2013) trata de uma investigação na formação inicial de professores de Química a partir de uma pesquisa empírica, cujo objetivo foi investigar como os licenciandos elaboram problemas de Química a partir de exercícios, e como compreendem as diferenças entre exercícios e problemas. Nas considerações finais do trabalho os autores enfatizam que a RP é uma estratégia didática ainda pouco compreendida por licenciandos, e isto é resultado, principalmente, da não apropriação dos aspectos conceituais e metodológicos de tal abordagem e da confusão entre as terminologias problema e exercício.

O artigo “Vivenciando a estratégia de Resolução de Problemas: dificuldades de futuros professores de química” (FREIRE e SILVA, 2014) aborda uma investigação através de uma intervenção didática na formação inicial de professores de Química, cujo objetivo foi investigar a natureza das dificuldades enfrentadas pelos professores na resolução de problemas e a maneira como eles refletem sobre estes na perspectiva de construir um conhecimento sobre a estratégia com base em suas próprias experiências. Nas considerações os autores destacam que os licenciandos não estão familiarizados com uma prática de resolver problemas na perspectiva de aproximação com elementos da atividade científica, o que se constitui um entrave para um desempenho mais efetivo e que, a partir da vivência com a estratégia de RP os alunos começam a construir um sentido para ideias e propostas, resultando numa melhor compreensão do que se discute do ponto de vista teórico-conceitual.

No que se refere à articulação da estratégia de resolução e problemas e a aprendizagem de conceitos em química, destacamos dois artigos que, em suas investigações mostram que o EABRP não apenas contribui para o desenvolvimento de habilidades gerais da docência, mas também melhora a persistência e a solidez na aprendizagem de conceitos.

No artigo intitulado “Aprendizagem baseada em problemas como estratégia de mudança metodológica no trabalho de laboratório” (LLORENS-MOLINA, 2010) aborda a concepção, experimentação e avaliação de atividades baseadas no EABRP como

estratégia para favorecer a aquisição de competências gerais da abordagem em um curso introdutório de química orgânica. Os resultados e conclusões da intervenção que o EABRP favorece a contextualização de atividades experimentais com o estudo das principais funções orgânicas e promove as relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente, além de contribuir para o desenvolvimento de competências como habilidades de planejamento e organização, busca e seleção de informações e trabalho cooperativo.

No artigo intitulado “A Eficácia da Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino da Primeira Lei da Termodinâmica” (TATAR e OKTAY, 2011) os autores examinaram a eficácia do EABRP na compreensão de futuros professores de ciências sobre a primeira lei da termodinâmica e suas habilidades em processos científicos. Os resultados da pesquisa enfatizam que o EABRP tem um efeito positivo nas habilidades de aprendizado dos alunos e nas habilidades do processo de ciências, como a aprendizagem eficaz e permanente de conceitos como energia, calor, temperatura e entalpia, além do estabelecimento de habilidades de planejamento e autoaprendizagem.

O artigo “Tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química” (Fernandes e Campos, 2017) discorre sobre uma revisão de literatura onde fizeram uma busca em artigos de periódicos e eventos da área de ensino, realizaram a leitura dos mesmos e utilizaram-se de categorias a priori e posteriori, na intenção de obter informações de como a metodologia de resolução de problemas vem sendo utilizada. Os resultados revelam que a maior parte das pesquisas sobre RP em Química está orientada na linha de pesquisa que concebe esse processo como uma investigação e que os conteúdos químicos mais presentes nos estudos são referentes à Físico-Química e à Química Geral. Dentre 44 trabalhos encontrados sobre a abordagem de resolução de problemas em química publicados em periódicos e nos anais de um evento Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, os conteúdos referentes à Físico-química e à Química Geral foram os mais frequentes (11 e 8 respectivamente) e apenas 3 deles foram desenvolvidos na área de Química Orgânica.

Os estudos de Fernandes e Campos (2017) enfatizam que em relação aos conteúdos químicos, observa-se grande diversidade de assuntos, bioquímica, propriedades coligativas, dissoluções, lixo, termoquímica, ligações químicas, etc., e que a diversidade de temas evidencia a amplitude de assuntos que podem ser

trabalhados em sala de aula através da resolução de problemas e possuem ligações diretas com outras áreas e podem ser explorados de forma interdisciplinar.

A partir da análise dessas pesquisas, neste trabalho, buscou-se investigar como uma sequência didática sobre a temática “Biogás” desenvolvida a partir do EABRP pode contribuir para a assimilação de conteúdos de Química Orgânica, especificamente, os conceitos de reações orgânicas, hidrocarbonetos e as propriedades físicas e químicas relacionadas ao processo de formação de Biogás.

Para tanto, elementos da Teoria da Formação das Ações Mentais por Etapas de Galperin foram tomados como referencial teórico de análise para investigar o percurso de assimilação de alguns conceitos de química orgânica por licenciandos de Química. Ao formular a Teoria da Formação das Ações Mentais por Etapas, Galperin (1986) buscou esclarecer o processo de internalização da atividade externa em interna, investigando como os conceitos podem ser operacionalizados e incorporados às metodologias de ensino. O propósito é que os resultados dessa pesquisa possam vir a contribuir para o campo educacional, possibilitando uma melhor organização, planejamento e aperfeiçoamento do ensino de química, no sentido de ressaltar a importância do estudo para o ensino e aprendizagem de conceitos científicos a partir do EABRP.

O Biogás é um tema que apresenta relevância social e econômica para a sociedade e contribui para contextualizar a abordagem de conteúdos químicos, desenvolver o pensamento crítico no aluno e sua percepção sobre a importância da química em âmbitos tecnológicos e sociais (SOUZA e MARTINS, 2011; GRAHAM SOLOMONS, 2004).

Diante do exposto foi delimitada a seguinte questão de pesquisa: **Quais as contribuições de uma SEA sobre Biogás, elaborada com base no EABRP, para o processo de assimilação dos conceitos de hidrocarbonetos (metano) e das reações envolvidas na produção do Biogás por licenciandos de Química?** Partindo dessa questão foram estabelecidos os objetivos geral e específicos, descritos a seguir.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

- Investigar as contribuições de uma SEA sobre Biogás, elaborada com base no EABRP, para o processo de assimilação dos conteúdos de hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas na produção de Biogás por licenciandos em química a partir de aspectos da Teoria das Ações Mentais por Etapas de Galperin.

1.1.2 Objetivos Específicos.

- Diagnosticar o nível de compreensão inicial dos licenciandos em Química sobre hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas na produção de Biogás;
- Analisar o percurso de assimilação do conteúdo de hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas na produção de Biogás por licenciandos de química durante o desenvolvimento de uma SEA com base no EABRP.

Foi elaborada e desenvolvida uma sequência de ensino e aprendizagem (SEA) sobre Biogás em disciplina de Ensino de Química, no curso de Licenciatura em Química de uma Instituição de Ensino Superior (IES) de Pernambuco, visando responder a questão e os objetivos da pesquisa.

A estrutura do texto da dissertação está organizada em quatro tópicos, sendo o de fundamentação teórica dividido em três seções.

NA primeira seção da fundamentação teórica se apresenta uma breve discussão dos aspectos históricos da abordagem de Ensino e Aprendizagem Baseados na Resolução de Problemas (EABRP), bem como as características e significados do EABRP. Esse capítulo ainda aborda os aspectos metodológicos da elaboração e da resolução de problemas, modalidades de avaliação e vantagens e desvantagens dessa abordagem.

A segunda seção da fundamentação teórica trata sobre a temática Biogás, trazendo algumas considerações sobre o ensino de química e referências sobre suas raízes científicas e relevância social, a utilização de Sequências de Ensino-

Aprendizagem como ferramenta de desenho para o planejamento de ensino, destacando a perspectiva Construtivista de Martine Méheut.

Na terceira seção da fundamentação teórica, discute-se de forma sucinta aspectos da Teoria de Galperin: perspectiva da teoria histórico-cultural (Vigotski, Leontiev e Galperin), etapas de formação da ação e da qualidade das ações a partir de graus indicadores, algumas relações entre o EABRP e aspectos da Teoria de Galperin, similaridades e diferenças relacionadas ao papel do professor e aluno e a assimilação de conceitos e desenvolvimento de habilidades nas etapas de formação da ação e apropriação de conceitos nas duas abordagens.

O terceiro tópico explora a metodologia da pesquisa, seu contexto e sujeitos participantes, a descrição do processo de elaboração da SEA, os instrumentos e por fim apresenta o referencial de análise dos dados coletados.

No quarto tópico apresentam-se os resultados obtidos a partir da SEA desenvolvida, buscando responder à questão e objetivos de pesquisa. Primeiramente foi analisado o controle inicial; depois, as atividades da SEA aplicada; e, por fim, o controle final, identificando o nível de desenvolvimento dos conceitos formados, o grau e qualidade das ações realizadas.

O quinto tópico apresenta as considerações finais, buscando responder aos objetivos de pesquisa e indicando contribuições do estudo para a área de pesquisa em ensino de Química.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir apresentamos alguns dos pressupostos teóricos que norteiam esta investigação. Inicialmente buscamos dialogar com autores que versam sobre o Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas, denominado nesse trabalho de EABRP. Buscamos também discutir sobre alguns conteúdos de química orgânica relacionados com a temática do Biogás. Em seguida, foi realizada uma discussão acerca do planejamento e aplicações de sequências de ensino e aprendizagem (SEA). E por fim buscamos fazer uma breve discussão acerca da Teoria das ações mentais por etapas de Galperin e suas relações com o EABRP

2.1 ENSINO E APRENDIZAGEM BASEADOS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS (EABRP)

Este capítulo situa o ensino e aprendizagem baseada na Resolução de Problemas (EABRP) historicamente, sendo abordados também os significados, características sobre problema, aspectos teórico-metodológicos, modalidades de avaliação e a vantagens e dificuldades do EABRP.

2.1.1 Ensino e Aprendizagem Baseados na Resolução de Problemas (EABRP): breve histórico

A Abordagem de Ensino e Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas, também denominada por outros autores de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), surgiu no final da década de 60 na Faculdade de Medicina da Universidade McMaster, na cidade de Hamilton, Canadá (BRANDA, 2009). A ABP pode ser entendida como uma metodologia que visa a estruturação de currículos dos cursos de medicina com o intuito de superar a defasagem entre os anos iniciais desse curso, caracterizados por uma formação predominantemente teórica, e o início da prática médica dos seus acadêmicos (MAMEDE, 2001).

A construção curricular por meio do EABRP permitiu que se estabelecesse uma relação de prática/teoria/prática e vice-versa como processo de formação dos médicos da Universidade de McMaster. Segundo Araújo e Arantes (2009), dentre as instituições de ensino superior que se destacaram no uso do EABRP estão as universidades de Aalborg, na Dinamarca, e Maastricht, na Holanda, referências mundiais com mais de 30 anos de experiência em várias áreas do conhecimento. Essas universidades têm diversas formas de compreensão e implementação do

EABRP e desenvolvem seus currículos articulados à projetos, com foco na aprendizagem dos estudantes e no desenvolvimento de habilidades de autonomia, articulação entre conhecimento científico e cotidiano social e valores de ética, fatores considerados importantes para uma sólida formação profissional e científica (ARAÚJO e ARANTES, 2009).

No Brasil, o EABRP foi implementado primeiramente, nos cursos de Medicina e Enfermagem da Faculdade de Medicina de Marília, São Paulo, e no curso de Medicina da Universidade Estadual de Londrina, Paraná. Com o tempo, outras universidades passaram a adotar a abordagem, como o Centro Universitário do Estado do Pará, a Universidade Federal do Pará e a Universidade de São Paulo Leste (Brasil), no qual iniciaram a pesquisa e desenvolvimento de projetos interdisciplinares, propondo o EABRP como uma das bases para organização curricular (MALHEIRO e DINIZ, 2008; MARTINS et al. 2015; FREZATTI e SILVA, 2014).

Embora, não exista uma posição unânime para definir o EABRP uma referência mais frequente é a de Barrows (1986), que define esta abordagem como "um método de aprendizagem baseado no princípio de usar problemas como ponto de partida para a aquisição e integração de novos conhecimentos no âmbito acadêmico" (MORALES-BUENO e LANDA-FITZGERALD, 2004). Vasconcelos e Almeida (2012) afirmam que o EABRP é uma metodologia de ensino e aprendizagem, onde o aluno, à medida que tenta encontrar soluções para os problemas desenvolve competências de comunicação, de pensamento crítico e tomada de decisões, competências essas que situam a EABRP como uma metodologia de ensino por investigação.

Segundo Araújo e Sastre (2009), o EABRP coloca os alunos no centro do processo educacional, concedendo-lhes autonomia e responsabilidade por sua própria aprendizagem, por meio da identificação, análise e resolução de problemas, e a capacidade de formular e testar hipóteses.

O cenário problemático no EABRP é a etapa inicial para o processo de aprendizagem, conforme Ottz et al. (2017). É nessa direção que estes autores afirmam que os problemas propostos devem ser instigantes e significativos, que provoque a curiosidade e a participação dos alunos, aproximando-os à sua realidade. Segundo Pozo (1998) resolver problemas é uma atividade muito frequente nas aulas de Ciências e Química, nos diferentes níveis educacionais, porém essa atividade nesse contexto não tem sido suficiente para garantir a transferência do conhecimento científico escolar acadêmico para resolver problemas relativos a situações cotidianas

e na tomada de decisões que envolvem aspectos científicos. Nesse sentido, é importante que os professores em formação inicial possam vivenciar o EABRP em disciplinas do curso, especialmente nesse trabalho, as disciplinas relacionadas com o ensino de Química.

Como nosso foco de estudo é o EABRP, então, é relevante apresentar alguns significados sobre o termo problema.

2.1.2 Significados sobre Problema

Geralmente, os alunos não aprendem como resolver problemas, pois são direcionados a memorizar soluções para situações que são apresentadas pelos professores como simples exercícios de aplicação (CUSTÓDIO *et al.* 2012). De acordo com Fernandes e Campos (2017) a resolução de um problema, diferentemente dos exercícios, exige muito mais que conhecer uma sequência de passos automatizados, mas sim requer o desenvolvimento do pensamento saber agir e tomar como base inicial os conhecimentos prévios dos alunos-construídos.

Por ser uma palavra polissêmica, o termo problema pode ter uma multiplicidade de significados, assim defini-la não é uma tarefa simples. De acordo com Pozner (2000) os problemas surgem do desconforto e da identificação de uma dificuldade. Para ele, todo problema surge das necessidades humanas, de ordem tecnológica, teórica, prática, social, ambiental, política. Para Garret (1995) e Perales Palacios (1993), um problema se apresenta como uma situação ou conflito que gera certo grau de incerteza, em que não há uma resposta imediata, mas que desperta o interesse no sentido de resolvê-lo.

Vázquez e Onorbe (2007) afirmam que o problema se relaciona com uma questão para resolver, motivação do sujeito para buscar uma solução, para a qual não há uma estratégia imediata de resolução. Segundo Pozo (1998), um problema requer do sujeito a elaboração de estratégias, o enfrentamento de obstáculos para alcançar o objetivo de sua resolução, e o desejo pessoal de solucioná-lo. Freire e Silva (2013) afirmam que resolver problemas requer a busca de explicações coerentes e mais adequadas a um conjunto de dados, que estão relacionados a certo contexto no qual o problema está inserido. Segundo Lopes (1994), problema está relacionado com três atributos: obstáculo (algo que o impede de ser solucionado de forma imediata), relevância (importância da sua resolução) e vontade (motivação do sujeito para superar os obstáculos e solucionar o problema). Neste trabalho, procuramos abordar

esses atributos, primeiro, com uma atividade motivacional de dinâmica com o cruzamento de imagens relacionadas ao tema. Depois aplicamos o problema para diagnosticar as concepções dos alunos e por último, desenvolvemos diversas atividades diretamente relacionadas com o problema, endossando a importância destas no processo de resolução de problemas.

Neste estudo adotamos o conjunto de características objetivas e subjetivas que impulsionam o sujeito para a resolução de problemas, discutidas por Batinga e Teixeira (2013) quando ressaltam que o trabalho com problemas envolve uma situação real ou fictícia que um indivíduo ou grupo precisam resolver, entretanto, não possui uma resposta imediata que leve à solução. Então, tal situação requer dos sujeitos que buscam resolvê-la, um processo de reflexão e/ou uma tomada de decisão, elaboração de hipóteses e estratégias a serem seguidas no processo de resolução.

A seguir iremos abordar alguns tipos e características dos problemas porque são aspectos fundamentais para a elaboração de problemas, a qual é ponto de partida para a metodologia de EABRP.

2.1.3 Tipos e Características de Problemas

Abordar o EABRP em sala de aula significa trabalhar na essência dessa metodologia em torno da apresentação, discussão e resolução inicial de um problema. O problema busca gerar uma situação mobilizadora e, portanto, se converte em um passo determinante para garantir o êxito do EABRP. As características de um problema na perspectiva de EABRP que precisam ser consideradas na etapa de sua elaboração são:

- Problemas bem definidos, estruturados ou semiestruturados, abertos e sem solução única, mas com resposta adequada e que se aproxima da resposta correta.
- Os problemas podem ser trabalhados e resolvidos de forma colaborativa, isto é, que apresentam uma estrutura interna que pode ser resolvida em grupos cooperativos.
- Os problemas devem ser idealizados e apresentados de forma a permitir contribuições individuais de apoio ao grupo de trabalho.
- Problemas para a resolução de casos reais em que os alunos possuam conceitos necessários, sendo feita a retomada destes conceitos no processo

de resolução. Quando os alunos não têm os conhecimentos necessários recomenda-se o resgate destes e a criação de estratégias para que todos estejam no mesmo nível. Isso pode ser feito por meio de aulas expositivas, pesquisas e trabalho de tutoria, inclusive entre aluno-aluno.

- Problemas vinculados aos conhecimentos que se vão aprender e conectados com a realidade dos estudantes.
- O problema pode ser apresentado de uma forma que os alunos realizem um processo sistematizado de resolução (DUCH, 2001; FERNÁNDEZ VEGA 2013; DES MARCHAIS, 1999; BARROWS, 1986).

Outro aspecto que deve ser levado em conta são critérios para avaliar a qualidade dos problemas. Segundo Des Marchais (1999) esses critérios são uma ferramenta muito importante para o professor, pois permite avaliar o problema que é escolhido ou elaborado. Os critérios são: 1) Estimular o pensamento, análise e raciocínio, 2) Assumir a aprendizagem autorregulada, 3) Usar o conhecimento prévio 4) Propor um contexto realista, 5) Permitir descobrir os objetivos de aprendizagem, 6) Ativar a curiosidade, 7) Escolher tópicos relacionados à área específica do conhecimento para o qual o problema é formado 8) Garantir contextos amplos e 9) Escolher o vocabulário apropriado.

É importante que os problemas e as atividades propostas em uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) mantenham uma relação com o conhecimento prévio dos alunos e, ao mesmo tempo, suscitem elementos ainda desconhecidos. O equilíbrio entre o que o aluno sabe e o que ainda não sabe, é fundamental. Porque se o aluno está lidando com questões já conhecidas, ele não vai se sentir estimulado e, por outro lado, se o problema é muito desconhecido, o aluno pode ficar tentado a abandonar a resolução devido à dificuldade (VIZCARRO e JUÁREZ, 2008).

Para que os alunos mantenham a curiosidade necessária para resolução de problemas, estes devem ser problematizados constantemente pelo professor, desde a sua proposição, seleção de informações para resolvê-lo até a apresentação dos resultados (FRANCISCO JUNIOR, FERREIRA e HARTWIG, 2008; MORAES e CASTELLAR, 2010).

Nesse sentido, o professor apresenta um papel fundamental no EABRP, considerando que o seu domínio dos conhecimentos específico e pedagógico lhe confere habilidades para criar um cenário propício, que inclui o uso apropriado dos

problemas, a fim de que as características desta metodologia se concretizem na prática docente (BEJARANO FRANCO e LÍRIO CASTRO, 2008).

O problema na perspectiva do EABRP não se caracteriza como um exercício voltado para a aplicação de técnicas. Mas sim, possui um contexto, aparece durante todo o processo de ensino e não visa apenas o desenvolvimento de conceitos, mas também de procedimentos e atitudes. A resolução do problema é vista como meio e não como fim, o aluno deve recorrer aos seus conhecimentos prévios para aprender novos conhecimentos com a mediação do professor.

Trabalhar com problemas reais/autênticos/fictícios no EABRP significa que professores e alunos precisam considerar algumas variáveis como: espaços e tempo adequados e necessários, acesso a fontes de informação, de dados, de pesquisas, bem como a disposição para uma boa comunicação na sala de aula, compartilhamento de informações, escuta ativa e a organização do trabalho em grupos cooperativos (BEJARANO FRANCO e LÍRIO CASTRO, 2008; VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012).

No EABRP a abordagem de conteúdos parte de problemas e os alunos são protagonistas de sua aprendizagem. Nessa direção se faz necessário diferentes tipos de atividades como ferramenta para mediar às necessidades de aprendizado dos alunos, para resolver os problemas, e por outro lado, que estejam vinculadas a um contexto que reflita situações próximas da realidade dos alunos (VIZCARRO e JUÁREZ, 2008).

2.1.4 Aspectos Teórico-Metodológico do EABRP: Processo de Elaboração e Resolução de problemas

O EABRP representa um avanço em relação ao ensino por transmissão-recepção ainda predominante no meio universitário. Esse modelo de ensino é caracterizado pela transferência de grandes quantidades de conteúdos e pela atitude passiva do aluno. Escribano (2008) aponta que o EABRP promove a autorregulação da aprendizagem e responde a alguns princípios básicos do ensino construtivista como: a compreensão de uma situação da realidade através das interações com o meio ambiente, o conflito cognitivo que é provocado ao confrontar cada nova situação estimula a aprendizagem e o reconhecimento de processos sociais no desenvolvimento do conhecimento.

De acordo com Freitas (2012) ao colocar o aluno no centro do cenário de aprendizagem, o EABRP contribui para formar hábitos de aprendizagem autônoma, iniciativa e capacidade resolutiva, motivando o aluno, fazendo com que ele crie senso de responsabilidade pela solução dos problemas, além de articular a formação acadêmica com a realidade profissional dos estudantes, intensificando as relações entre teoria e prática.

Para Camargo Ribeiro (2008) e Barreto dos Santos *et al.* (2007), o problema é o foco central do EABRP, o qual além de ser usado para introduzir um conteúdo, auxilia na motivação para a aprendizagem de tópicos em determinadas áreas do conhecimento. O processo de aprendizagem envolve a procura, identificação e assimilação do conhecimento necessário para resolver um problema o que pode estimular a curiosidade dos alunos durante todo o processo de resolução. (VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012).

Não é intenção da abordagem de EABRP abandonar as estratégias de ensino habitualmente utilizadas pelos professores, mas o melhoramento dessas estratégias com objetivo de enriquecer e dinamizar as atividades por meio de exposições menos demoradas, mais interativas e dialogadas, utilização de trabalhos experimentais, aulas de campo e pesquisas em livros ou na internet (VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012).

Na literatura, podem ser encontradas sugestões de diferentes autores a respeito da estrutura metodológica do EABRP, pois diferem de instituição, currículos ou sala de aula, mas os componentes específicos do processo do EABRP se assemelham na maioria dos autores que tratam dessa metodologia (CAMARGO RIBEIRO, 2008; CARVALHO, 2009; ARAUJO e SASTRE, 2009; YEW e GOH 2016; BRANDA, 2009). De acordo com Leite e Afonso (2001) e Vasconcelos e Almeida (2012) as fases do EABRP ocorrem em quatro etapas, com objetivos e duração diferentes.

A primeira etapa inicia com a *escolha do contexto ou cenário real*, da vida dos alunos. A partir do contexto real, que pode ser levantado através de vídeos, debates, texto impresso e de jornal é necessária que haja uma identificação imediata do problema, motivando os alunos para que continuem no processo de aprendizagem. Esta fase é centrada no trabalho do professor e requer dele identificar um contexto problemático que possa abordar os diferentes tipos de conceitos selecionados, gerando diferentes problemas e questões que motivem e interessem os alunos na busca de soluções.

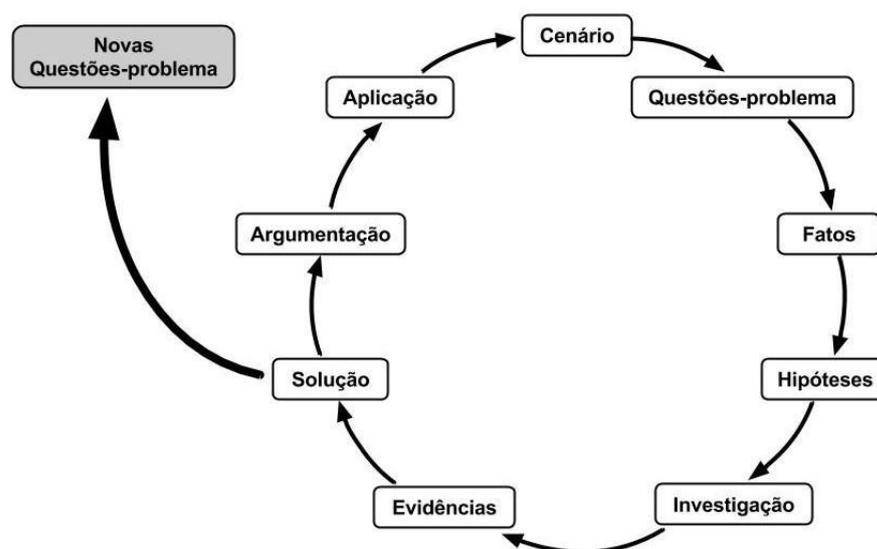
A segunda etapa corresponde a *formulação dos problemas*, na qual é centrada no trabalho do aluno a partir do contexto problemático selecionado pelo professor. Nessa fase os alunos são auxiliados pelo professor, que os orienta no processo. Assim, os alunos dão andamento buscando identificar as informações, organizam o trabalho em grupo (quem vai fazer o quê) e começam as discussões para a elaboração das questões advindas do contexto. Uma vez formulada as questões, o professor inicia uma discussão com os alunos sobre quais problemas são relevantes, assim como a ordem pela qual os problemas devem ser tratados, esclarecendo as dúvidas apresentadas. Neste momento da abordagem, experiência e conhecimentos do professor desempenham um papel fundamental, visto que ele procura ativar os conhecimentos prévios dos alunos e os ajuda a reconhecer o problema e o contexto a ser aprofundado (Souza e Dourado, 2015).

A terceira fase *resolução do(s) problema(s)* consiste no desenvolvimento da investigação por meio dos diversos recursos, atividades e fontes disponibilizadas pelo professor. A partir das questões levantadas na fase anterior, os alunos precisarão consultar diferentes fontes de informação (livros, revistas, filmes, relatórios, documentários etc.) e realizar diversas atividades (trabalho no laboratório, entrevistas, saída de campo etc.), bem como organizar o tempo necessário para realização das questões e atividades propostas. Leite e Afonso (2001) enfatizam que quando um problema é identificado, os alunos terão que interpretá-lo novamente e planejar a sua resolução, implementar as estratégias de resolução planejadas, encontrar a solução (se houver) e por fim avaliá-la. Nesta fase o professor continua desempenhando um papel de orientador da atividade, porém compete aos alunos trabalhar a fim de resolver os problemas propostos.

A quarta fase, *síntese e avaliação do processo*, os alunos sistematizam as soluções encontradas para os problemas, preparam a apresentação para a turma e professor e realizam a autoavaliação do processo de aprendizagem. Na apresentação final, o professor precisa avaliar o processo da aprendizagem, buscando identificar se os conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais alcançados correspondem a resultados concretos da aprendizagem significativa e contextualizada, seja em termos de eficácia da aprendizagem ou em termos de desenvolvimento pessoal, social, moral e ético (SOUZA e DOURADO, 2015; LEITE e AFONSO, 2001).

Vasconcelos e Almeida (2012), após estudo de várias propostas do EABRP apresentadas por diferentes autores, chegaram à conclusão de que todas buscam o mesmo objetivo e desenvolvem fases obrigatórias durante o processo ensino-aprendizagem. Os autores sugerem que os processos de ensino e aprendizagem baseados na resolução de problemas decorram de uma estrutura cíclica com fases, de acordo com a Figura 1:

Figura 1: Processo Cíclico do EABRP



Fonte: Vasconcelos e Almeida (2012)

Em linhas gerais, o processo cíclico da EABRP se inicia pela apresentação de um problema articulado a um tema pelo professor (cenário). Os problemas no EABRP no ensino de ciências vêm sendo utilizados a partir de cenários que devem despertar no aluno o interesse por formular questões-problema e a procura de soluções por meio da promoção de atividades de investigação. Em seguida, os alunos organizados em grupos e de posse de uma ficha de monitoramento fazem o recolhimento dos fatos fornecidos no enunciado do problema e a listagem das questões que serão investigadas e compartilham com os grupos. Esta pequena investigação permitirá aos alunos a elaboração de algumas hipóteses e se necessário sua testagem, as quais poderão ajudar na construção da argumentação a ser apresentada no final da resolução do problema. Considera-se que em todas as etapas da resolução de problemas o trabalho do professor é fundamental, seja mediando às questões pertinentes ou acompanhando e incentivando cada grupo na busca de soluções. Por

fim, os alunos fazem a apresentação dos resultados das soluções do problema à turma e avaliação do processo (VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012; OTTZ, 2014).

No EABRP as atividades/tarefas visam proporcionar uma maior interação e diálogo entre conhecimento, problema, professor e estudantes. Os conhecimentos considerados fundamentais para a compreensão do tema articulado aos problemas são estudados de forma sistemática, com a orientação do professor. Atividades diversificadas, como aulas expositivas dialogadas sobre o conteúdo, formulação de questões, texto para discussões, trabalhos extraclasse, visitas de campo, experimentos, pesquisas em manuais ou internet são realizadas a fim de consolidar os conceitos fundamentais para a compreensão científica dos problemas (AMARAL *et al.* 2018; VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012; DELIZOICOV, 2001).

O trabalho colaborativo é fortemente defendido no EABRP. Os grupos de trabalho devem ser pequenos, escolhidos ou não pelo professor e heterogêneos. Desse modo, os alunos podem aprender mais do que quando trabalham individualmente, por meio da partilha de aprendizagens, se apoiando mutuamente, aprendendo a respeitar diferentes formas de trabalhar com a finalidade de se tornarem mais autônomos e capazes de avaliar seu processo de aprendizagem e seu desempenho individual/interpessoal (LEITE e ESTEVES, 2006; VASCONCELOS *et al.*, 2012).

O EABRP propicia etapas a serem vivenciadas pelos alunos que diferem significativamente do ensino dito tradicional. Nesse sentido, os alunos precisam participar ativamente da busca e apropriação de conhecimentos necessários à resolução do problema proposto a partir das etapas (VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012):

- Analisar o problema;
- Aprofundar o estudo dos conteúdos inseridos no problema;
- Mobilizar seu conhecimento prévio e estabelecer relações significativas com novos conhecimentos.
- Comparar e discutir diferentes ideais e posições com colegas e professor, com base na elaboração de argumentos fundamentados;
- Verbalizar em público o que eles aprenderam durante o processo de resolução do problema;
- Avaliar sua progressão e resultados parciais e finais da resolução de problemas.

É papel do professor no EABRP promover atividades que despertem interesse e comprometimento dos alunos com o seu processo de aprendizagem e transferência de aprendizado para outros contextos (BEJARANO FRANCO e LÍRIO CASTRO, 2008). O EABRP envolve uma mudança significativa no papel do professor e do professor no contexto acadêmico/escolar, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1: Papel do professor e do aluno no EABRP

Professor	Aluno
1. Cede o protagonismo ao aluno na construção de sua aprendizagem	1. É comprometido e responsável pela sua aprendizagem.
2. Monitora e valoriza as realizações de seus alunos	2. Deve saber como trabalhar e gerenciar diferentes grupos.
3. É um guia, um tutor, um facilitador/mediador de aprendizagem, procurando estar disponível para os alunos.	3. Deve ter uma atitude assertiva para incentivar a troca de ideias com os colegas.
4. Sua principal função é a de propor situações e oportunidades de aprendizagem	4. Tira proveito das sinergias de compartilhamento de informações e aprendizado de com outras pessoas
5. Guia seus alunos para refletir, pensar criticamente e fazer perguntas.	5. Dirige seu próprio desempenho (procura informações, contraste, aplicações, discussões etc.) busca pedir ajuda e orientação quando precisa.
6. Dá importância às perguntas e explicações dos alunos	6. Está ciente do seu próprio processo de aprendizagem e planos, controla e avalia as etapas que executa.

Fonte: Escribano (2008)

Segundo Mamede (2001) no trabalho com o EABRP é preciso colocar os problemas como ponto de partida da aprendizagem. A partir deles é que os conteúdos selecionados pelo professor são trabalhados com os alunos. Problemas elaborados a partir de contextos reais visam estimular o processo de resolução pelos alunos e nesse processo, novos conhecimentos e habilidades são desenvolvidos a partir da mediação das atividades, recursos didáticos e do professor (CARVALHO, 2009).

O processo de resolução de problemas pelos alunos procura a utilização do método científico bem como da experimentação, como objetivo de mostrar aos alunos como a ciência e a pesquisa se estabelecem, transformando o aluno de mero copador de conteúdos propostos, para o agente da construção dos próprios conhecimentos (MALHEIRO e DINIZ, 2005).

O EABRP como metodologia de ensino voltada para o Ensino de Ciências encontra-se apoiada na perspectiva da formulação/elaboração de um problema que busca levar a uma atividade de investigação, fundamentada na ação do aluno não apenas no trabalho de manipulação ou observação, mas voltados para a reflexão, discussão e explicação, buscando dar ao seu trabalho características de uma investigação científica no contexto escolar/acadêmico.

Segundo Batinga e Teixeira (2014) o processo de resolução consiste inicialmente na sua definição, ou na tomada de consciência de seu enunciado. Este processo envolve analisar situações, formular hipóteses para solucioná-las, planejar experiências, testar e/ou confrontar hipóteses articulando-as com os resultados obtidos. Após a introdução do problema, pode surgir nos alunos um momento de dúvida, que irá fazer com que eles mobilizem aspectos cognitivos e de curiosidade na busca de resolução do problema.

Ao promover atividades próximas das características de uma investigação científica, os alunos são capazes de construir conhecimentos sobre a ciência, cada vez mais próximos das formas de produção do conhecimento científico do que do senso comum, considerando as diferenças de contextos da ciência e da sala de aula, permitindo os estudantes melhorar a qualidade da interação com a realidade natural e social (MALHEIRO e DINIZ, 2005; BATINGA e TEIXEIRA, 2014; VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012; AZEVEDO, 2010).

Assim, com base nos conhecimentos que os alunos já possuem do seu contato cotidiano com o mundo, a resolução de problemas articulada a atividades experimentais na Química pode despertar o interesse, a reflexão sobre as questões levantadas e a participação dos alunos nas etapas de resolução dos problemas. Batinga e Teixeira (2014) endossam que o momento de reflexão possibilita que o aluno reconstrua internamente o que foi realizado e assim integrem novos conceitos a seus esquemas mentais. Daí a importância de um problema bem elaborado, uma vez que é fundamental para aproximar os alunos do fazer científico do contexto acadêmico.

Algumas características adaptadas da metodologia de investigação científica que podem ser trabalhadas no contexto acadêmico do Ensino de Química a partir do EABRP foram destacadas por Batinga e Teixeira (2014), são elas:

- Propor problemas oriundos de temas socio científicos que surgem das situações vividas pelos alunos em seu contexto social e natural através de um processo de problematização
- Favorecer a discussão e reflexão dos alunos sobre a relevância e o possível interesse em relação aos problemas apresentados.
- Possibilitar análises qualitativas significativas, que ajudem a compreender o problema proposto e formular perguntas que direcionem a busca de respostas.
- Considerar a elaboração de hipóteses como uma atividade central da resolução de problemas, sendo esse processo capaz de orientar o tratamento dos problemas e de tornar explícitas as concepções dos alunos.
- Realizar as análises baseadas nas hipóteses elaboradas e fundamentadas teoricamente, evitando resultados carentes de significação química.
- Conceder atenção especial à elaboração de memórias científicas que reflitam o percurso adotado na busca de respostas para o problema, ressaltando o papel da comunicação e do debate durante a resolução de problemas.
- Enfatizar a dimensão coletiva da resolução de problemas, por meio da socialização do conhecimento produzido privilegiando a interação entre o professor e alunos, alunos-alunos e alunos-especialistas nos grupos de trabalho.

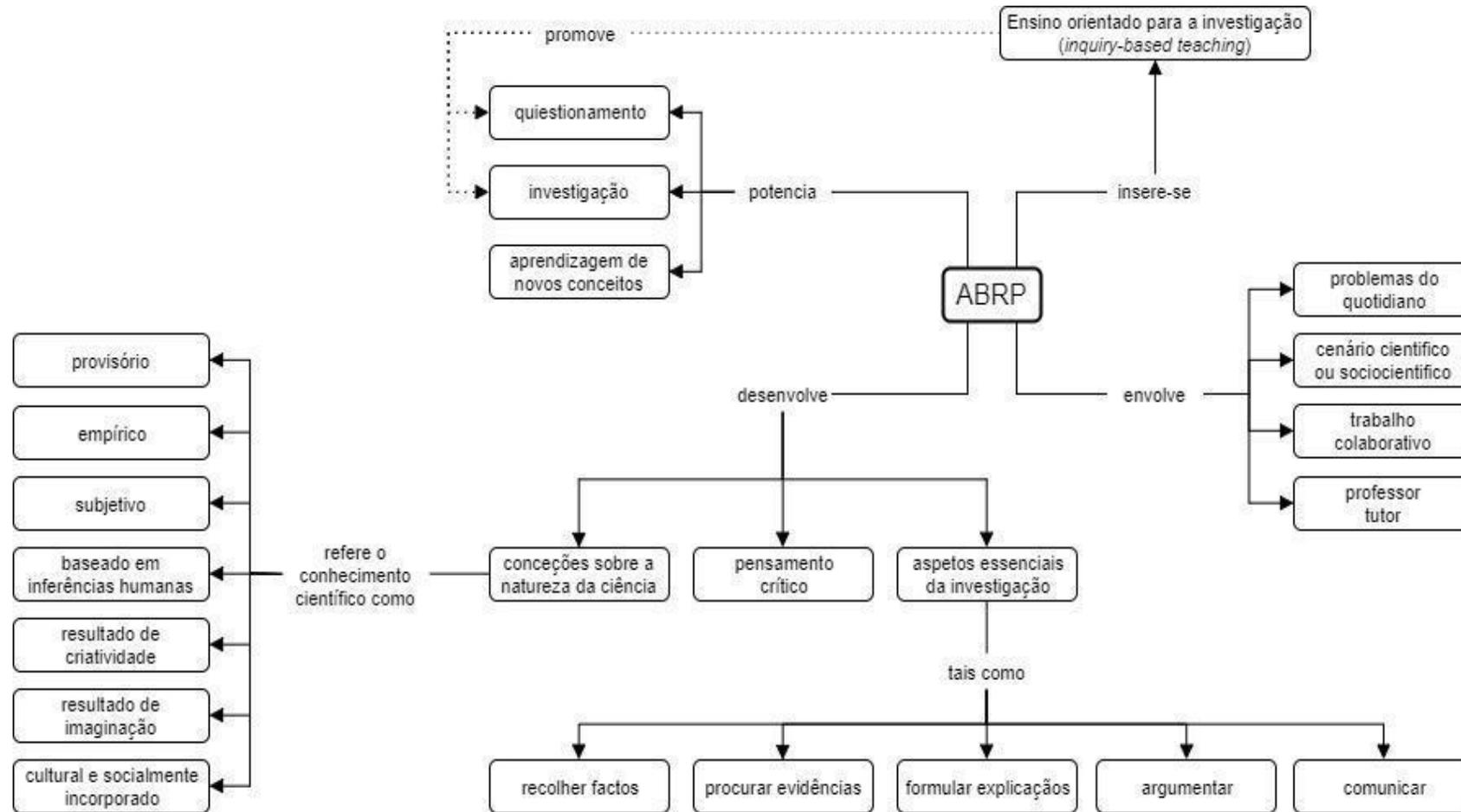
Diante das características metodológicas de resolução de problemas percebemos a necessidade de levar em consideração importantes fatores como: **a natureza do enunciado problema** (estrutura, linguagem, complexidade, a tipologia de problemas (real/autêntico/fictício); o **contexto de resolução do problema** (consulta ou não a fontes de informações, tempo disponibilizado para a resolução e explicação oral); variáveis próprias ao **solucionador do problema** (conhecimento teórico, criatividade, habilidades cognitivas, expectativas, idade, soluções individuais ou em grupos).

O EABRP se situa em vários aspectos do Ensino por Investigação (EPI) por envolver problemas relacionados ao cotidiano e/ou a aspectos Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), o trabalho colaborativo e o professor atuando como mediador. Essa metodologia também potencializa a investigação, a síntese, a análise, a elaboração de hipóteses, a apropriação de novos conteúdos/conceitos, testes de

hipóteses, e desenvolvimento de habilidades relativas à resolução de problemas, como a tomada de decisão e a capacidade de autoavaliação dos estudantes quanto às necessidades de aprendizagem (LAMBROS, 2013).

Tendo em consideração o que foi mencionado acima e recorrendo a Vasconcelos e Almeida (2012) é possível observar na Figura 2 uma rede conceitual que procura sintetizar vários elementos inseridos na abordagem de EABRP:

Figura 2: Rede conceitual do EABRP



Fonte: Vasconcelos e Almeida (2012)

2.1.5 Modalidades de avaliação no EABRP

Trabalhar com a metodologia EABRP implica em mudança no processo de avaliação da aprendizagem. As avaliações devem ser estruturadas pelo professor de maneira que permita identificar a compreensão dos estudantes sobre os problemas e suas soluções. Então, inicialmente os problemas podem ser utilizados para diagnosticar a compreensão dos alunos sobre os conteúdos envolvidos no enunciado dos problemas, o que se chama de avaliação diagnóstica (BATINGA, 2010). Segundo Martínez Cano (2010), espera que a avaliação no EABRP leve em consideração os conteúdos assimilados e estratégias utilizadas pelos estudantes na resolução dos problemas, bem como as interações ocorridas entre alunos-alunos e alunos-professor.

A avaliação visa também saber em que medida os objetivos de aprendizagem estão sendo alcançados pelos alunos e identificar correções e mudanças, se necessário, no processo de ensino. É necessário mudar o foco de avaliação apenas no resultado final obtido pelo aluno (avaliação somativa) da aprendizagem, incorporando diferentes formas de avaliação (avaliação formativa) ao longo do processo da resolução de problemas, o que pode permitir observar e identificar os níveis de apropriação de novos conhecimentos e a aplicação criativa daqueles já adquiridos pelos alunos (ORTIZ CÁRDENAS, 2017).

Vizcarro e Juárez (2008) destacam algumas questões que precisam ser consideradas na avaliação na perspectiva do EABRP:

Quando é avaliado? A avaliação ocorre durante todo o processo ou apenas após a conclusão das atividades?

O que é avaliado? Avalia-se se os conteúdos incluídos nos problemas foram assimilados pelos alunos. Avalia-se a interpretação, análise, explicação e argumentação dos alunos na construção de soluções para os problemas e a aplicação do conhecimento assimilado em problemas inseridos em outros contextos.

Como é avaliado? As finalidades do EABRP resultam na necessidade de uma variedade de instrumentos de avaliação que permitam refletir se os objetivos de aprendizagem foram alcançados. Portanto, exames escritos podem ser usados com esse fim, mas também mapas conceituais práticos, avaliação por pares, avaliação do professor e da abordagem, apresentações orais e relatórios escritos.

Quem avalia? Todos os envolvidos. O professor pode recorrer à avaliação contínua de todos os problemas que foram trabalhados, mas também a uma avaliação

final no término das aulas. Ele avalia a participação dos alunos no grupo, no processo de resolução dos problemas, na realização das atividades, na comunicação das soluções para o problema. O aluno participa realizando sua própria avaliação na contribuição ao trabalho em grupo, de seu envolvimento e responsabilidade. Ele também avalia a metodologia, a tutoria do professor ao final das atividades, a fim de contribuir com o feedback para o professor e metodologia de EABRP.

Martínez Cano (2010) também propõe alguns elementos a serem considerados na avaliação no EABRP: os estudantes devem ser capazes de avaliar a si mesmos, seus colegas, o professor, a metodologia, o processo de trabalho em grupo e os resultados. O aluno deve ser avaliado pelo professor e seus colegas em relação à preparação das atividades, sua participação e contribuições do seu trabalho no grupo, habilidades interpessoais, de comportamento e atitudes.

No que diz respeito às modalidades de avaliação (diagnóstica, formativa e somativa), a autora destaca que sejam considerados os objetivos metodológicos do EABRP: compreensão científica por meio de problemas do mundo real/autêntico/fictício, estratégias de raciocínio e de resolução de problemas, e aprendizagem autorregulada. Isso implica na utilização de diferentes instrumentos de avaliação, tais como: Relatórios escritos, exame prático de casos reais (projetos), mapas conceituais, avaliação de parceiros (Co avaliação), autoavaliação, avaliação do professor, apresentação oral e portfólios, produção de texto, apresentação em pôster e pequenos vídeos (VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012).

Segundo Zabala (1998), avaliar os alunos por suas capacidades e seus esforços, levando em conta o ponto de partida e o processo por meio do qual adquirem conhecimento, auxilia o processo ensino-aprendizagem como meio para favorecer as estratégias de controle e regulação da própria atividade. Essa perspectiva de engajamento dos alunos em atividades de aprendizagem é destaque na Teoria da Assimilação das Ações Mentais por Etapas de Galperin (1986), a qual destaca como ferramenta de avaliação os momentos de orientação, execução e controle.

Em razão da complexidade e nível de abstração dos conceitos abordados, faz-se importante o uso de recursos e atividades didáticas que facilitem uma aproximação entre os conceitos científicos e as situações do cotidiano pelos alunos, bem como estratégias de avaliação e controle durante todo o processo, desde a etapa diagnóstica das concepções prévias a etapa de assimilação e construção do conhecimento por meio da resolução de problemas. Primeiramente, através do

controle inicial (avaliação diagnóstica); depois, a aplicação das atividades (etapas de assimilação) e, por fim, o controle final, identificando o nível de desenvolvimento dos conceitos formados, o grau e qualidade das ações realizadas.

O EABRP marca uma mudança significativa em relação aos antigos modelos educacionais. No entanto, implementar essa abordagem traz uma série de desafios práticos para o professor, desde elaborar problemas “reais” até garantir avaliações adequadas. Algumas das vantagens e limitações do EABRP serão discutidas a seguir.

2.1.6 Vantagens e Limitações do EABRP

O EABRP busca a promoção do desenvolvimento intelectual, científico, cultural e social do aluno, que aprende a aprender e se conscientiza dos seus próprios processos de pensar e aprender, entretanto, possui vantagens e limitações, assim como outras metodologias educacionais. Del Valle López e Villa Fernández (2010) apresentam alguns elementos que inclui o reconhecimento das vantagens e limitações da aplicação do EABRP no âmbito universitário.

O EABRP pode promover aprendizagens mais efetivas, pois estimula os alunos a construir novos conhecimentos em um cenário contextual, conectando seus conhecimentos prévios com os novos desafios apresentados no problema e por meio de interações sociais, seja com outros alunos ou com professor mediador. O uso de atividades de investigação a partir do EABRP pode permitir aos alunos a aprendizagem de conhecimento científico, o desenvolvimento de habilidades e proporcionar oportunidades para os alunos refletirem sobre o trabalho desenvolvido (DEL VALLE LÓPEZ e VILLA FERNÁNDEZ, 2010; BAPTISTA, 2009).

Todavia, a implementação dessas atividades a partir de SEA pode implicar em dificuldades para o professor, uma vez que a metodologia EABRP demanda mais tempo do professor na dedicação e compromisso com os alunos, além de exigir dele habilidades específicas para a dinâmica do trabalho em grupo. A estrutura curricular das disciplinas, a disparidade de horários das aulas, a falta de espaços, materiais e recursos tecnológicos adequados e o elevado número de alunos são alguns elementos que podem afetar negativamente o desenvolvimento dessa metodologia (DEL VALLE LÓPEZ e VILLA FERNÁNDEZ, 2010; BAPTISTA, 2009).

As principais vantagens e limitações do EABRP especificadas por Del Valle López e Villa Fernández (2010) são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Vantagens e limitações da aplicação do EABRP

Vantagens	Limitações
<ol style="list-style-type: none"> 1. A motivação para aprender. 2. O desenvolvimento da aprendizagem através da integração do conhecimento. 3. Desenvolvimento de habilidades de comunicação e trabalho em grupo. 4. Desenvolvimento de criatividade 5. Desenvolvimento de habilidades para autoavaliação e avaliação de pares 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Insegurança diante da mudança de paradigma educacional. 2. Requer mais tempo da parte dos alunos para alcançar seu aprendizado. 3. Implica modificações a nível curricular nos temas, assuntos, planos de estudo. 4. Requer maior investimento de recursos como fontes bibliográficas e acesso a tecnologias. 5. Mudança na concepção da avaliação.

Fonte: elaborado pelo autor

De acordo com o Quadro 2, o EABRP envolve diversas vantagens, a começar pela motivação e envolvimento dos alunos, bem como na reflexão sobre o próprio processo de aprendizagem, condição essencial para uma aprendizagem mais autônoma. E, também, na profundidade do conhecimento adquirido e na capacidade de aplicar esse conhecimento a outros contextos. No entanto, a metodologia exige demasiado tempo e isso muitas vezes pode limitar a extensão dos conteúdos curriculares a serem trabalhados (DEL VALLE LÓPEZ e VILLA FERNÁNDEZ, 2010).

Como cabe ao professor o papel de planejar aulas, atividades e orientar os estudantes, no decorrer da abordagem de EABRP, pode ser que nesse percurso haja dificuldades, por exemplo: os recursos selecionados pelo docente podem ser inadequados e a orientação dos estudantes ineficiente, deixando-os perdidos, desmotivados, ficando muito aquém das potencialidades previstas nesta metodologia (VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012). Uma condição que pode favorecer a metodologia do EABRP é quando o professor consegue planejar o tempo necessário para realizar suas funções, tais como: estruturar o problema, selecionar os recursos didáticos, dar atenção aos alunos (individual e em grupo), orientar textos e fontes de pesquisa e criar um ambiente que facilite o diálogo e participação de todos.

Ajustar-se aos princípios metodológicos do EABRP é trabalhoso, mas há sempre a possibilidade de se aproximar com certa margem de flexibilidade. Nesse sentido, é importante que o currículo da instituição de ensino se desprenda da rigidez da estruturação da metodologia convencional e comece a incluir nos projetos pedagógicos dos cursos e ementas das disciplinas uma forma de estruturação que

favoreça a abordagem de EABRP, como por exemplo, disponibilidade de tempo para o professor planejar e desenvolver essa abordagem, espaço e recursos suficientes e adequados para sua implementação no contexto acadêmico (DEL VALLE LÓPEZ e VILLA FERNÁNDEZ, 2010).

Outro desafio para as instituições de ensino é prover recursos, capacitação de professor, técnicos especializados, espaços de trabalho e tecnologia adequada, bem como um planejamento de curso e curricular voltado para atender as características da metodologia de EABRP (DEL VALLE LÓPEZ e VILLA FERNÁNDEZ, 2010; VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012).

Diante da discussão apresentada, nesse trabalho procuramos superar algumas dificuldades acerca da implementação do EABRP, tais como: administração do tempo para cada atividade da SEA, utilização de recursos de baixo custo e ao alcance dos alunos e inclusão de atividades que promovam motivação (atividade experimental) que oportunizam a relação teoria-prática (visita de campo), as quais são descritas na metodologia.

2.2 BIOGÁS NO CONTEXTO DA QUÍMICA E SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Nesse tópico discorreremos sobre o Biogás no contexto da química e acerca das sequências de ensino e aprendizagem (SEA).

2.2.1 Biogás e Biodigestores no Contexto da Química

As DCN (BRASIL, 2010) e as DCNEM (BRASIL, 2011), apontam para o uso de temas diretamente vinculados à realidade do aluno, com a possibilidade de uma maior articulação entre temas, contextos e conteúdos. Assuntos relacionados a mudanças climáticas e seus efeitos no meio ambiente, destaque no final do século XX e início do século XXI, têm sido discutidos na mídia e nas escolas de maneira geral, mas de forma superficial e não esclarecedora.

A literatura inclui trabalhos que apresentam, de forma contextualizada e interdisciplinar, pesquisas científicas no campo dos biocombustíveis, como fonte sustentável de energia, buscando referências sobre suas raízes científicas e relevância social (Oliveira *et al.*, 2018; Gomes e Dewes, 2017; SILVA *et al.*, 2015a; SILVA *et al.*, 2015b;). Nesses trabalhos, os conceitos prévios dos alunos, as reflexões em sala de aula e uma experimentação problematizadora são combinados para o

desenvolvimento do processo de aprendizagem sob uma perspectiva mais abrangente, o que envolve o estudo de aspectos conceituais sobre estudo das reações químicas, a relação entre a energia e estrutura das moléculas, e questões socioeconômicas e ambientais concernentes à geração e uso de energias renováveis.

Oliveira *et al*, (2015) reforça que, sob uma perspectiva interdisciplinar, a fermentação de resíduos para geração de biogás envolve vários conceitos sobre energia e suas tecnologias, os quais são de difícil compreensão pelos alunos, e que se revelam bastante desafiadoras. Dessa forma, as perspectivas e metodologias de aprendizagem devem conduzir o aluno para a construção de seu próprio conhecimento, por meio de uma perspectiva interdisciplinar e contextualizada dos conteúdos.

Nesse sentido, procuramos abordar o conteúdo de hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas no processo de produção do Biogás, pela relevância social e abrangência desse tema e para o desenvolvimento do raciocínio crítico dos alunos e a percepção da importância da química em âmbitos tecnológicos e sociais.

Nas duas últimas décadas houve quase a duplicação das emissões de gases na atmosfera, causando um aumento significativo da temperatura média do planeta e mudanças climáticas inesperadas. Neste contexto, tem-se registrado uma preocupação crescente, por parte das comunidades científica e ambientalista, com os efeitos globais das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e a sua respectiva quantificação para possíveis ações de mitigação (FIRMO, 2013; BRASIL, 2010; (TOLMASQUIM, GUERREIRO e GORINI, 2007; GOLDEMBERG e LUCON, 2010)

O efeito estufa é um fenômeno natural do planeta Terra, que consiste na retenção pela atmosfera de uma parte do calor gerado pela radiação solar. Essa retenção de calor é feita pelos gases do efeito estufa (GEE), que são, basicamente, dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4). Contudo, o aumento das emissões destes gases para a atmosfera em decorrência de atividades humanas, pode ampliar de modo nocivo o efeito estufa, retendo mais energia na atmosfera e gerando uma elevação de temperatura, conseqüentemente, provocando o aquecimento global e alterações no meio ambiente em nível local e global (IPCC, 2007).

Dentre as atividades antrópicas que têm contribuído de forma significativa para emissão de GGE, podemos destacar o uso intensivo de combustíveis fósseis, aumento da ocorrência de queimadas e incêndios florestais, redução das áreas florestadas, degradação anaeróbica de material orgânico em aterros, estações de

tratamento de efluentes, lagoas anaeróbicas com dejetos animais, além do processo digestivo de animais ruminantes (bovinos e suínos). Nesse sentido, os problemas de poluição causados pelo vasto uso de combustíveis fósseis têm resultado em uma crescente necessidade de desenvolver fontes de energias renováveis e de menor impacto ambiental que os meios tradicionais existentes. Isto tem estimulado o interesse por pesquisas sobre fontes alternativas ou renováveis de combustíveis (FARIAS e REI, 2016)

Segundo Goldemberg e Lucon (2008), considera-se uma energia renovável quando as condições naturais permitem sua reposição ao ambiente em um curto espaço de tempo. Exemplos de fontes renováveis são a solar, a maremotriz, a geotermal, a eólica, a hidráulica e a biomassa. Neste contexto, o modelo de produção de biocombustíveis a partir da biomassa ganha importância e atenção, por se tratar de um modelo eficaz de aproveitamento de energia mais limpa e renovável (SEGURA, 2014).

Segundo o Ministério das Minas e Energia (MME), o Brasil ocupa a quarta posição no ranking de produção de energia por fontes renováveis e é considerado pioneiro mundial no segmento de biocombustíveis, principalmente biodiesel e etanol. Todavia, nos últimos anos, o biogás vem se destacando também como alternativa para a diversificação na matriz energética mundial, na redução da emissão dos gases causadores do efeito estufa, contribuindo com o combate à poluição do ar e do solo (KOCH e ALMEIDA SILVA, 2017).

O Biogás é uma fonte renovável de energia, formada por uma mistura de gases metano (CH_4) e de gás carbônico (CO_2) constituído por metano (55-70%) e dióxido de carbono (30-45%) e outros gases em menores concentrações (Sulfeto de Hidrogênio, o Nitrogênio, Hidrogênio e Monóxido de Carbono), e pode ser obtido por meio da biomassa provenientes de resíduos sólidos urbanos e de resíduos agropecuários. Em ambos os casos, biogás é produzido a partir da digestão anaeróbia (sem oxigênio) desses resíduos (GOMES, 2014).

A China e Índia foram os primeiros países a produzir biogás e a utilizá-lo como fonte de energia, empregando-o para iluminação e cocção. A partir de 1900, esses países começaram a aproveitar o processo de digestão anaeróbica para geração de biogás com foco nos lodos de esgoto, mas em pequena escala. Com a crise do petróleo nos anos 70 e os altos preços da produção de energia, bem como as demandas socioambientais, surgiu necessidade do melhor aproveitamento de outras

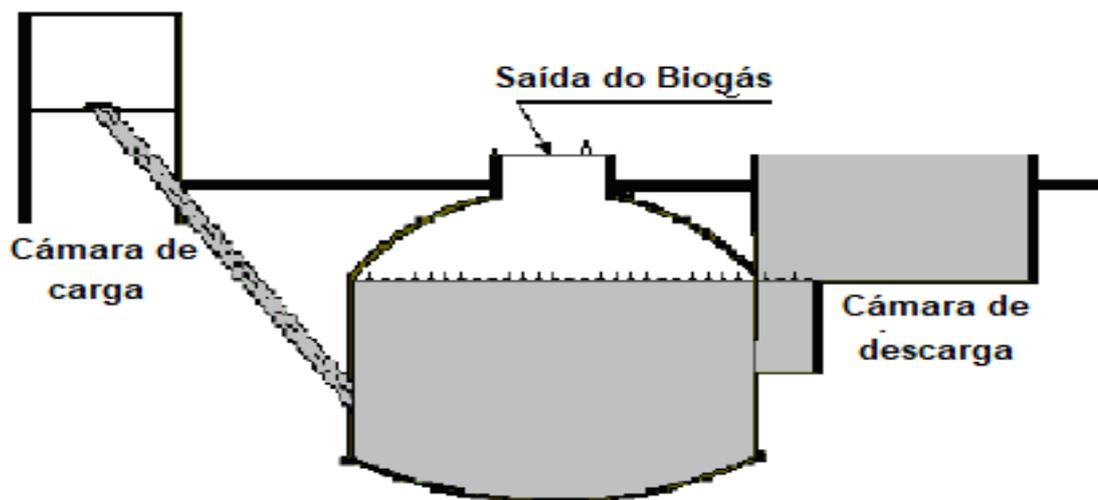
fontes de energia, como o aproveitamento do biogás produzido. Assim, começou-se a realizar mais pesquisas nessa área, a fim de otimizar o processo de digestão anaeróbica da matéria orgânica em diferentes partes do mundo, com atenção para os resíduos da atividade agropecuária e a destinação de resíduos sólidos. (KARLSSON *et al.*, 2014).

A utilização do resíduos sólidos urbano (lixo orgânico e inorgânico) para produção de energia permite o direcionamento e uso do biogás, como também a redução do volume dos dejetos em estado sólido. No Brasil, grande parte dos resíduos sólidos ainda é descartada sem nenhuma forma de tratamento, o que contribui na emissão significativa de metano, gás do efeito estufa, e causam outros problemas ambientais, como poluição de rios e problemas de saúde. Embora sua presença seja menor na atmosfera, o metano tem potencial de aquecimento global 21 vezes mais que o do gás carbônico (CO₂) (ICLEI, 2010).

Geralmente, a exploração energética de resíduos em aterros tem sido feita basicamente a partir da queima do biogás, o que já assegura um benefício ambiental, consumindo metano (CH₄) e liberando dióxido de carbono (CO₂), que são menos poluentes. Segundo o Programa de Pesquisas em Saneamento Básico de 2013, o biogás pode ser utilizado energeticamente de várias formas, como uso direto em substituição a outros tipos de combustíveis gasosos, ou indireto, na geração de eletricidade, e cogeração de eletricidade e calor (GOMES, 2014). Portanto, a digestão anaeróbia como método de tratamento de resíduos permite obter um gás com alto conteúdo energético e que pode ser aproveitável.

Diante do exposto, dentre os sistemas simples utilizados para o tratamento de resíduos orgânicos e formação de biogás, destaca-se a utilização de reatores ou biodigestores anaeróbios (cf. Figura 3). O biodigestor anaeróbio é um sistema fechado onde é feita a degradação da matéria orgânica por ação microbiológica, que geralmente conta com um sistema de entrada de matéria orgânica, um tanque onde ocorre a digestão e um mecanismo para retirada de subprodutos.

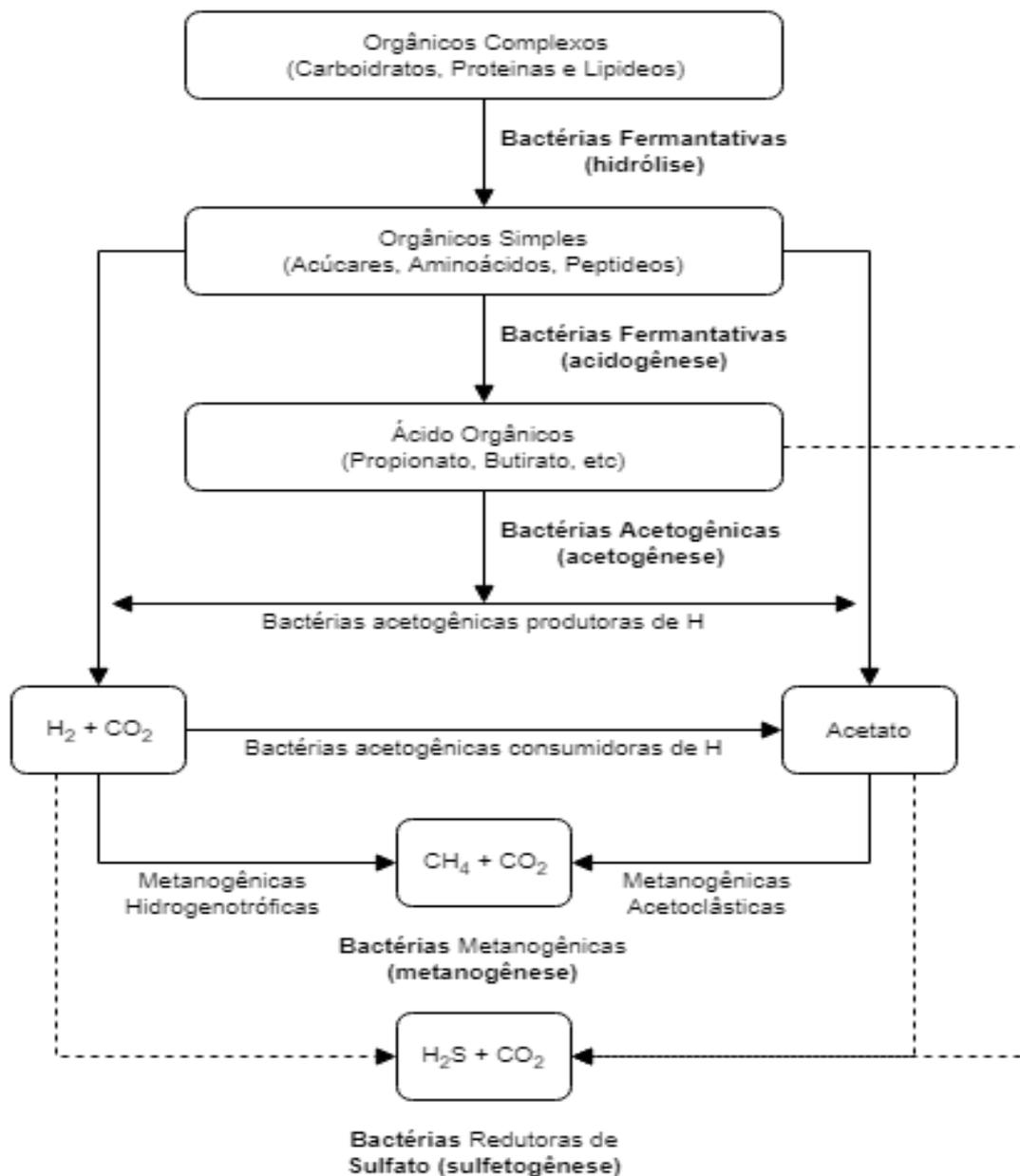
Figura 3: Esquema simplificado de Biodigestor



Fonte: Deganutti *et al.* (2002)

A digestão anaeróbia é um processo de estabilização biológica da matéria orgânica, por ação de um consórcio ou famílias de diferentes tipos de microrganismos que, na ausência de oxigênio molecular, promovem a transformação de compostos orgânicos complexos em produtos mais simples, como metano e gás carbônico. Os estudos bioquímicos e microbiológicos indicam que o processo de degradação anaeróbia é realizado em quatro etapas principais: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (CHERNICHARO, 2007; BESCHKOV, 2017). O processo geral é mostrado no esquema na Figura 4.

Figura 4: Etapas principais na produção de biogás



Fonte: Beschkov (2017); Chernicharo (2007)

A hidrólise é o passo inicial para a degradação anaeróbia de substratos orgânicos complexos, uma vez que os microrganismos somente podem utilizar matéria orgânica solúvel, capaz de atravessar sua parede celular. Nessa fase, tem-se a hidrólise da matéria orgânica complexa degradável, transformando-se em polímeros como proteínas, carboidratos e lipídeos. Durante a hidrólise, as bactérias transformam os substratos orgânicos em monômeros e polímeros solúveis, ou seja, as proteínas, os carboidratos e as gorduras se transformam, respectivamente, em aminoácidos,

monossacarídeos e ácidos graxos. Nessa fase, o nitrato e o sulfato são convertidos a nitrogênio e gás sulfídrico (FIRMO, 2013).

Durante a acidogênese, as bactérias metabolizam na forma intracelular, os produtos solúveis resultantes da hidrólise, que são convertidos em compostos orgânicos simples, com o auxílio de endo enzimas no interior das células bacterianas. Os compostos produzidos incluem ácidos graxos voláteis de cadeia curta, álcoois, ácido láctico, dióxido de carbono, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio, fermentados diretamente pelas bactérias metanogênicas. Esse estágio é denominado de fase ácida, devido à grande quantidade de ácidos formados.

As bactérias acetogênicas são responsáveis pela oxidação dos produtos gerados na fase acidogênica em substrato apropriado para as bactérias metanogênicas. Dessa forma, as bactérias acetogênicas fazem parte de um grupo metabólico intermediário que produz substratos para as metanogênicas. Os produtos gerados pelas bactérias acetogênicas são o hidrogênio, o dióxido de carbono e o acetato. De todos os produtos, apenas o hidrogênio e o acetato podem ser utilizados diretamente pelas metanogênicas. Porém, pelo menos 50% da matéria orgânica carbonácea biodegradável é convertida em propionato e butirato, que são decompostos em acetato e hidrogênio pela ação das bactérias acetogênicas (CHERNICHARO, 2007).

A fase metanogênica é a mais longa do processo e é caracterizada pela transformação de ácidos intermediários, predominantemente acético, em CH_4 e CO_2 pelas bactérias metanogênicas. As bactérias metanogênicas são divididas em dois grupos principais. O primeiro grupo, as hidrogenotróficas ou redutoras de CO_2 , formam metano a partir do consumo de hidrogênio e de dióxido de carbono, produzindo 28% de metano por essa via. A maior parte do metano, cerca de 72%, é produzida por um segundo grupo de espécies seletivas, as acetoclásticas, que formam o metano a partir do ácido acético (MACIEL, 2009).

Além das quatro etapas descritas, também existem nos digestores anaeróbicos um grupo denominado sulfobactérias (bactérias redutoras de sulfato), que são importantes na presença de sulfatos. Na sulfetogênese, as sulfobactérias são organismos capazes de reduzir os sulfatos a sulfetos, podendo competir com as bactérias metanogênicas, diminuindo a formação de metano. Em contrapartida, as sulfobactérias também são capazes de reduzir os sulfatos, utilizando o hidrogênio produzido pelas bactérias acidogênicas. Neste caso, o hidrogênio não pode ser

utilizado pelas bactérias metanogênicas. Portanto, é importante controlar a presença de sulfatos no meio, uma vez que, além de afetar as metanobactérias, a presença de ácido sulfídrico no biogás pode influenciar na corrosividade dos equipamentos e no aproveitamento energético do biogás (HIDALGO e GARCÍA, 2001).

Por se tratar de um processo biológico, as condições do meio devem ser ideais para que ocorram as reações de conversão da matéria orgânica. Dentre os fatores operacionais existentes, os que podem intervir de forma mais significativa são: temperatura, carga orgânica, pH, alcalinidade, umidade e concentração de sólidos (BARCELOS, 2009).

Todas as etapas da digestão anaeróbia estão intimamente relacionadas, uma vez que a produção do metano depende da produção do ácido acético e hidrogênio, e a produção destes depende da conversão dos compostos orgânicos a ácidos graxos voláteis. Desta forma, as bactérias metanogênicas dependem do substrato fornecido pelas acetogênicas, que são dependentes das acidogênicas e estas das hidrolíticas, reforçando a relação existente entre as fases (HOUDKOVA *et al.*, 2008).

Através de um biodigestor anaeróbio é possível acelerar a decomposição da matéria orgânica independente de sua origem. Assim, são amplamente utilizados em países desenvolvidos como forma de tratamento de resíduos orgânicos, industriais ou rurais. Há diversos benefícios oferecidos pelo biodigestor: o gás produzido pode ser utilizado para produção de energia elétrica e térmica, bem como ser usado em fogões domésticos, e o resíduo proveniente da biodigestão (biofertilizante) pode ser utilizado como adubo para o solo e para o desenvolvimento das plantas (SILVA *et al.*, 2012).

Há muitos pontos favoráveis à implementação da sequência didática sobre o tema “Biogás: fonte de energia renovável” em sala de aula de graduação, dentre os quais se podem destacar: a facilidade de obtenção de matéria-prima (sobretudo esterco de animais); a reutilização de resíduos orgânicos; a redução das emissões de gases estufa; a produção de biofertilizante como um subproduto e a obtenção de energia térmica e elétrica a baixo custo (SOUZA e MARTINS, 2011). Esse tema tem o potencial de gerar um ambiente que possa fornecer bases sólidas de ensino através da adoção de temas que possam integrar as diferentes áreas de conhecimento e resultar a partir de então na difusão de saberes e tecnologias que busquem solucionar os problemas sociais e ambientais da atualidade. Dentre os conteúdos de Química Orgânica envolvidos a partir desse tema podemos destacar: reações químicas orgânicas (tipos de reações e mecanismos) e hidrocarbonetos (alcanos e reações

de halogenação e oxidação, nomenclatura e estrutura química) (GRAHAM SOLOMONS, 2004). Assim, nesse trabalho, os hidrocarbonetos (metano) e as reações químicas envolvidas na produção do Biogás foram conteúdos inseridos e abordados nos problemas e nas atividades da SEI elaborada para uma turma de licenciandos em Química.

Apresentamos a seguir elementos de sequências de ensino e aprendizagem que serão considerados na elaboração das atividades didáticas e na validação interna da sequência desenhada para esse estudo.

2.2.2 Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA)

Embora as sequências de ensino e aprendizagem (SEA) não sejam os únicos fatores que influenciam a aprendizagem nas salas de aula, elas desempenham um papel importante nos resultados da aprendizagem. Pesquisas sobre a implementação de Sequências de Ensino e Aprendizagem (Teaching-Learning Sequences TLS) mostraram que elas podem ser uma maneira eficaz de alimentar pesquisas sobre práticas de ensino (GUISASOLA *et al.*, 2017; PSILLOS e KARIOTOGLOU, 2016; DUIT *et al.*, 2012).

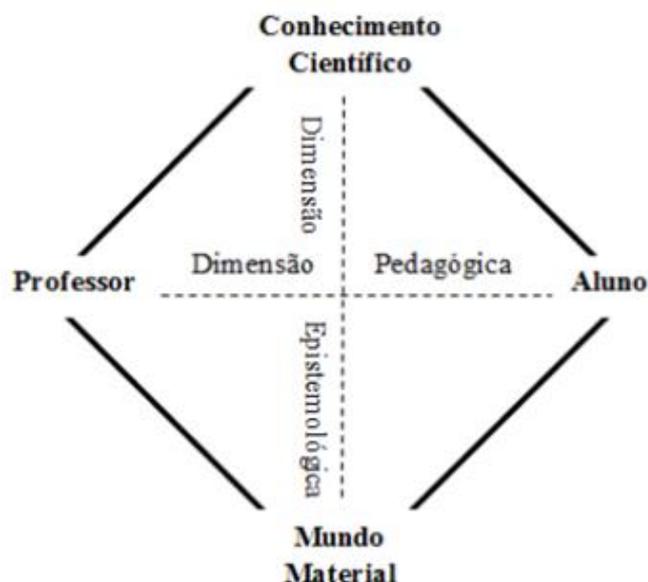
Nesse trabalho, usaremos a definição de SEA segundo Méheut e Psillos (2004). Segundo os autores, uma SEA é tanto uma atividade de pesquisa intervencionista quanto um produto, que inclui atividades de ensino-aprendizagem bem pesquisadas e empiricamente adaptadas ao raciocínio do aluno, onde as orientações de ensino que envolvem as reações esperadas dos alunos, também são integradas

Atualmente, as SEA são considerada como um conjunto de atividades planejadas para a compreensão do conhecimento científico pelos estudantes, maximizando potencialidades de diferentes metodologias, dentro de uma rede interligada de ações que incluem estratégias didáticas, processos de aprendizagem e aplicação de recursos didáticos, desenvolvidos a partir de ações realizadas por professores e estudantes, durante as atividades em sala de aula (MEHÉUT e PSILLOS, 2004; AMARAL e FERREIRA, 2018; SOUZA e BATINGA, 2015)

Segundo Meheut e Psillos (2004), as SEA compreendem programas de ensino em pequena escala e seu design pode ser representado pelo losango didático, que é formado por dois dipolos interativos. A primeira é a conexão entre o mundo material e o conhecimento científico (dimensão epistêmica) e a segunda é a conexão entre um

professor e seus alunos (dimensão pedagógica), como apresentado na Figura 5 a seguir:

Figura 5: Planejamento de uma sequência de ensino e aprendizagem



Fonte: Méheut e Psillos (2004)

A dimensão pedagógica é geralmente colocada em um contexto construtivista. Isso aponta para a necessidade de reconhecer as diferenças entre a visão científica sobre o conteúdo e as concepções alternativas dos alunos. A dimensão epistêmica combinada com a pedagógica nos leva à transformação do conteúdo didático, ou seja, à ênfase no conteúdo a ser ensinado e sua gênese histórica, às características cognitivas dos alunos, à dimensão didática relativa à instituição de ensino, à motivação para a aprendizagem e à significância do conhecimento a ser ensinado (KARIOTOGLOU e SPYRTOU, 2005; MÉHEUT, 2005; MÉHEUT E PSILLOS, 2004; FIRME *et al.*, 2007).

Após o planejamento e aplicação da sequência didática, os resultados das ações e atividades realizadas pelos alunos são utilizados para a validação do processo. Segundo Méheut (2005), a validação de sequências de ensino e aprendizagem pode ser realizada de duas formas: a validação externa ou comparativa e a validação interna. A validação externa ou comparativa representa a visão macro do processo de análise, e implica em avaliar os resultados apresentados durante a aplicação da sequência, com relação ao ensino tradicional. Já a validação interna está

relacionada à uma visão micro, que prioriza identificar e avaliar aspectos da trajetória de aprendizagem dos alunos ao longo de toda a sequência.

Pesquisas sobre a implementação de Sequências de Ensino e Aprendizagem (Teaching-Learning Sequences TLS) mostraram que elas podem ser uma maneira eficaz de alimentar pesquisas sobre práticas de ensino (GUISASOLA *et al.*, 2017; PSILLOS e KARIOTOGLOU, 2016; DUIT *et al.*, 2012). Nesse sentido, Rodrigues (2014) aponta que, no cenário nacional das pesquisas na área de ensino de ciências, as SEA têm se desenvolvido a partir de diversas linhas investigativas, entre elas a Teoria das Situações Didáticas e Construtivista Integrada, e Pesquisas Baseadas em Desenho (Design-Based Research – DBR). Nessas pesquisas, as SEA são consideradas importantes instrumentos para estabelecer relações entre os conceitos cotidianos e os conceitos científicos.

Tendo em vista a orientação integradora proposta por Méheut e as Pesquisas baseadas em Desenho (DBR), Rodrigues (2014), em sua tese de doutorado, buscou desenhar e validar uma SEA para a aprendizagem dos estados físicos da matéria mediante o uso da Teoria da Atividade, de A. N. Leontiev, e da Teoria da Formação das Ações Mentais por Etapas, de P. Ya Galperin. A autora propôs a realização da validação externa, a partir da análise das atividades propostas e das diversas tarefas realizadas, segundo as etapas de formação das ações; enquanto na validação interna, procurou estabelecer os caminhos de aprendizagem traçados pelos alunos no processo de formação das habilidades e de assimilação dos estados físicos da matéria, concluindo que a ferramenta de desenho utilizada tem um forte potencial para o desenho e a validação de uma SEA, considerando importante o entrelaçamento entre as dimensões epistêmica e pedagógica.

Percebemos que, com base nos resultados positivos alcançados por diversas pesquisas que abordam as SEA na perspectiva proposta por Méheut, o desenho de sequências de ensino e aprendizagem para o aprendizado da ciência envolve necessariamente a transformação das práticas tradicionalmente usadas pelos professores no ensino de ciências. Há, portanto, uma inevitável necessidade de mudança nas práticas de ensino, desde o conhecimento do professor até a incorporação do aluno no processo de aprendizagem, o que requer o trabalho colaborativo e a reflexão dos professores nesse processo.

A seguir discutimos sobre alguns aspectos da Teoria da Formação das Ações Mentais por Etapas segundo Galperin.

2.3 ASPECTOS DA TEORIA DA ASSIMILAÇÃO DAS AÇÕES MENTAIS POR ETAPAS DE GALPERIN

Nessa sessão apresentaremos uma discussão sobre aspectos da Teoria da Assimilação de Ações Mentais por Etapas de Galperin, os quais constituem o referencial teórico para a análise do percurso de assimilação dos conteúdos pelos alunos nas atividades desenvolvidas na sequência didática sobre Biogás. Apresentamos também algumas relações entre o EABRP e aspectos da Teoria de Galperin, similaridades e diferenças relacionadas ao papel do professor e aluno e a assimilação de conceitos e desenvolvimento de habilidades nas etapas de formação da ação nas duas abordagens.

2.3.1 Elementos da Teoria da Assimilação de Ações Mentais por Etapas

Nos trabalhos de L. S. Vigotski, em sua teoria histórico-cultural, ele considera que o processo de assimilação da psique do homem é dado com base na própria experiência social. Vigotski (2009) abordou em suas obras o papel da linguagem no desenvolvimento do indivíduo, buscando estudar a relação entre pensamento e linguagem. Ele considera a linguagem como um instrumento da relação do sujeito, constituindo um processo de abstração e generalização.

As concepções de Vigotski sobre o funcionamento do cérebro humano baseiam sua ideia de que funções psicológicas superiores são construídas ao longo da história social do homem. Em sua relação com o mundo, mediada por instrumentos e símbolos culturalmente desenvolvidos, o ser humano cria as formas de ação que o distinguem de outros animais. Assim, a compreensão do desenvolvimento psicológico não pode ser buscada nas propriedades naturais do sistema nervoso (OLIVEIRA, 1992).

Em relação aos conceitos de desenvolvimento e aprendizagem, Vigotski (2009) considera que as funções psicológicas e intelectuais superiores aparecem duas vezes: primeiro como funções intersíquicas e depois como funções intrapsíquicas. Nesse sentido, ele elaborou os conceitos de “nível de desenvolvimento efetivo” e “área de desenvolvimento potencial”. De acordo com as considerações vigotskianas “nível de desenvolvimento efetivo” significa conhecimento real disponível para o aluno, e o “nível de desenvolvimento potencial” significa o conhecimento que o aluno pode chegar com a ajuda de outro aluno mais experiente ou do professor. A diferença entre os dois níveis evolutivos foi definida por Vigotski como “Zona de Desenvolvimento

Proximal” (ZDP) (RODRIGUES, 2014). A “Zona de desenvolvimento proximal” significa a distância entre o nível de desenvolvimento real, que é geralmente determinado através da solução independente de problemas e do nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas com a orientação de um adulto ou produto da colaboração de outros companheiros mais capazes (RODRIGUES, 2014). Vigotsky (1979) afirma que o professor e a escola devem trabalhar na ZDP, uma vez que estimula o aluno a desenvolver o seu potencial de forma mais rápida e completa.

Segundo Vigotski (2009, apud Rodrigues, 2014), o processo de formação de conceito é influenciado pelo ambiente social e cultural em que o indivíduo está inserido, sendo, no contexto escolar, bastante relevante o conhecimento prévio que os alunos trazem para o processo de ensinar e aprender para a assimilação do conhecimento científico.

Segundo Davydov & Zinchenko (2003 apud Mendoza *et al.*, 2009), pode-se resumir a teoria de Vigotski em quatro postulados: i) a base do desenvolvimento mental de um homem é uma mudança em sua situação social ou em sua atividade; ii) a forma original da atividade é o seu desempenho alcançado por um indivíduo no plano externo, social; iii) as novas estruturas mentais que são formadas no homem são derivadas da internalização da forma inicial de sua atividade e iv), vários sistemas de signos desempenham um papel fundamental no processo de internalização.

A teoria sociocultural traz contribuições para a aprendizagem no sentido de entendê-la como um processo contextual e interativo, que é resultado da participação dos alunos em uma comunidade, onde o professor atua como um guia na aprendizagem do aluno. Ao mesmo tempo, ele participa junto com eles oferecendo vários tipos de ajudas, como: i) construir pontes do nível de compreensão e habilidades do aluno para outros níveis mais complexos; ii) estruturar a participação dos alunos, apresentando a tarefa/atividade de forma dinâmica, adequando-se às condições do contexto; iii) transferir gradualmente o controle da atividade até que o próprio aluno seja capaz de controlar a execução da tarefa sozinho (CUBERO e LUQUE, 2004).

Nos estudos de Cubero e Luque (2004) os autores afirmam que apropriação de objetos de conhecimento e ferramentas culturais mediadas pela ajuda de outros supõe incorporá-las aos recursos mentais disponíveis no momento pelo aluno. Supõe também fazer com que o conhecimento e ferramenta cultural aprendido pelos alunos

tenham sentido e significado, incluindo-as no conjunto de atividades abordadas e compartilhando-as com os pares.

Vigotski não estabelece uma relação direta entre a psique (atividade interna) e a atividade prática do homem (atividade externa), mas estabelece as bases do princípio da unidade da psique e da atividade. Talizina (1988, p.21) argumenta que essa lacuna foi resolvida por Leontiev, sendo a principal objeção apontada por ele, a necessidade de analisar, de maneira crítica e objetiva, a teoria cultural histórica de Vigotski, com base no seguinte: não são os conceitos (nem significados, nem os signos, nem os instrumentos), mas a atividade real que une o organismo à realidade que o cerca, que determina o desenvolvimento tanto da consciência em sua totalidade, como de alguns funções psíquicas.

A teoria da atividade discorre sobre o conceito de atividade e o torna o objeto da psicologia, sendo através dele que o sujeito se relaciona com o mundo (LEONTIEV, 1983). A atividade é formada por um sistema de ações através de operações para atingir um objetivo, onde a motivação do sujeito deve se aproximar do objetivo (LEONTIEV, 1983). As ações na atividade pedagógica precisam estar relacionadas umas com as outras por meio do motivo que as direciona, sendo elas intencionais, conscientes e destinadas a atingir um objetivo específico. Ou seja, o professor deve articular o sentido pessoal no desenvolvimento da responsabilidade de ensinar, como contribuição ao processo de humanização de estudantes historicamente situados. Leontiev reconhece nos trabalhos de Vigotski que a atividade interna ou mental é reflexo da atividade externa ou material, mas não indica como se dá esta transformação (MENDONZA et al., 2009).

Nuñez (2009) organizou os componentes que fazem parte da estrutura da atividade humana estabelecido na teoria da atividade de Leontiev, são eles: um sujeito (refere-se a quem realiza a ação), um objeto (para onde é dirigida a ação; no contexto escolar têm-se os conteúdos e habilidades), os motivos (necessidade da ação), o objetivo (finalidade que orienta a ação), o sistema de operações (procedimentos, métodos, técnicas e estratégias para realizar a ação), instrumentos (os meios para realizar a ação), condições (situações em que o sujeito realiza a atividade) e o produto (resultado da atividade). Os componentes da atividade segundo Leontiev (1983) apresentam uma vinculação intrínseca e dialética presentes em toda atividade humana. Esse autor destaca ainda que as ações estabelecidas nas atividades podem ser classificadas em três planos: mental, perceptiva e material, todas, buscando

estabelecer a transição da atividade externa (do objeto externo) para a atividade interna (plano mental), viabilizando o processo de internalização dos conteúdos abordados.

Piotr Galperin (1902-1988) foi um dos colaboradores da escola de pensamento sociocultural que se originou no trabalho de Lev Vigotsky. Galperin desenvolveu sua teoria na década de 1950, e, desde então, muitas pesquisas têm sido realizadas com forte impacto nos processos de ensino e aprendizagem nos contextos escolares de países como a ex-União Soviética, Alemanha, Cuba e México, entre outros (NUÑEZ, 2009). Especificamente, a estratégia de pesquisa de Galperin foi analisar como os novos processos mentais emergem no contexto de atividades de ensino e aprendizagem orientadas por objetivos, por meio da internalização gradual de ações pelos alunos. Essa abordagem foi baseada em ideias socioculturais inter-relacionadas sobre: a) o papel do ensino e da aprendizagem no desenvolvimento, b) a internalização de ações materiais como caminho para o desenvolvimento cognitivo, e c) a centralidade das ferramentas culturais e interação social no desenvolvimento.

Segundo Nuñez (2015), Galperin desenvolveu o princípio de interiorização proposto por Vigotsky, assim como o princípio da atividade de Leontiev, levando os mesmos a um novo patamar na compreensão dos processos de formação e desenvolvimento das funções psicológicas superiores, como conteúdos psicológicos humanos. A marca da abordagem de Galperin é que ele elaborou criativamente essas ideias, usando um método de construção sistemática de ações mentais nas atividades de ensino e aprendizagem, organizadas para revelar os passos necessários que as ações mentais sofrem em sua gênese, uma vez que se originam de ações materiais, passando-se por uma série de etapas (TALÍZINA, 1988).

De acordo com Galperin (1986), o processo de internalização da atividade externa em interna é concebido como um ciclo cognoscitivo, no qual se destacam os momentos de orientação, execução e controle. Tais momentos não podem ser considerados de forma linear, mas podem ser separados, metodologicamente, para fins de análise. No modelo de ensino derivado da teoria de Galperin, a formação de conceitos e as habilidades se desenvolvem pela atividade, pela comunicação do estudante e a partir da condição em que se cumprem certos tipos de ações estruturadas em etapas. Assim, a assimilação da ação ou sua apropriação em habilidade para a formação de conceitos não se produz só pela ação informativa do professor, mas pelas etapas que levam a ação orientadora do plano externo ao plano

mental, o que permite uma nova orientação e um novo controle como resultado dessa orientação pelo estudante.

Galperin (1986) estabelece que a transformação da atividade material externa na atividade psíquica interna deve passar por estágios qualitativos, sendo conhecida como a Teoria da Assimilação das Ações Mentais por Etapas. Estabelece, portanto, três processos associados entre si, os quais se referem: 1) **as condições que assegurem a execução da ação de forma satisfatória**: BOA (tipos I, II e III), orientações que determinam tipos específicos e diferentes de assimilação e levam em consideração o grau de generalização (particular ou geral), detalhamento (completo e incompleto) e a forma de elaboração (com ajuda ou independente); 2) **As etapas de assimilação**: etapa motivacional, etapa de estabelecimento da base orientadora da ação, etapa de formação da ação no plano material ou materializado, etapa de formação da ação no plano da linguagem externa e etapa de formação da ação no plano mental. 3) **Os parâmetros qualitativos da ação**: objetivo de auxiliar a organização do processo de assimilação, bem como avaliar a sua qualidade.

De acordo com Rodrigues e Ferreira (2013) a teoria de Galperin apresenta cinco etapas de formação da ação:

1. Etapa motivacional: tem como objetivo realizar o engajamento dos alunos no processo de ensino e aprendizagem. Embora a motivação seja considerada a longo prazo, este primeiro passo destina-se a fornecer os requisitos iniciais, a fim de estimular a motivação e mantê-la durante o aprendizado posterior. De acordo com Galperin, isso requer que os conteúdos de aprendizagem sejam apresentados de forma significativa desde o início do processo de ensino-aprendizagem, aumentando o envolvimento pessoal do aluno no decorrer das atividades. Para que uma nova ação seja aprendida, ela é trazida à atenção dos alunos e delineada dentro de uma perspectiva de problemas a serem resolvidos (HAENNEN, 2001)

2. Etapa de elaboração das bases orientadoras da ação (BOA): são estruturadas as ações para estabelecimento de condições concretas para a realização da ação. Galperin destaca três tipos de BOA (NUÑEZ, 2009): A **BOA TIPO I**: é considerada incompleta, pois as orientações se referem a um caso em particular. Por exemplo, para o ensino da escrita, cada letra deverá ter uma orientação própria. Como consequência, o aluno aprende por tentativa e erro, o que se torna cansativo, demorado e pouco eficiente. A ação não desenha uma estabilidade e dessa forma está sujeita a qualquer mudança no seu cumprimento. Assim, o sujeito aprende por

repetição. A **BOA TIPO II**: caracteriza-se pela existência de todas as condições necessárias para o cumprimento correto da ação. Mas estas orientações são para um caso dado e não permite ao sujeito fazer a sua própria BOA. A execução acontece de forma rápida e sem muitos erros. A ação formada se mantém estável, mas a transferência da aprendizagem pode ser limitada. A **BOA TIPO III**: tem uma composição completa, as orientações se referem a uma classe de fenômenos, daí o seu caráter generalizado. O sujeito é capaz de elaborar de forma independente as ações requeridas. Dessa forma diminui consideravelmente os erros, o tempo de execução e a possibilidade de transferência da aprendizagem é bem mais ampla.

Para estruturar uma BOA necessita-se considerar os objetivos de ensino e o nível de partida dos estudantes. É necessário selecionar as estratégias concretas para orientar as ações da atividade, que pode ser a mais geral possível, ser preparada pelo professor ou com uma maior participação dos estudantes (MENDONZA e DELGADO, 2018). Recomenda-se também utilizar como critério para estruturar uma BOA, o caráter essencial da atividade dentro dos objetivos gerais do sistema de ensino, pois uma BOA obtida de forma independente pelos estudantes pode levar mais tempo que uma preparada pelo professor.

3. A Etapa Material ou Materializada, na qual, os alunos interagem com objetos materiais (objetos reais) ou materializados (modelos, simulações, animações, esquemas etc.). Nessa etapa, espera-se que com o tempo os estudantes tornem-se menos dependentes do suporte (objeto) material e mais conscientes dos significados que as ações carregam (HAENNEN, 2001).

4. A Etapa de Desenvolvimento da Ação no Plano da Linguagem Externa, na qual os elementos da ação são expressos em palavras, por meio de recursos da linguagem externa (oral ou escrita). Para Haenen (2001), quando uma ação é suficientemente aprendida usando objetos físicos ou suas representações, é necessário separar a ação de seu suporte materializado anterior e elevar a ação para um discurso aberto ou social. Os alunos aprendem a se comunicar sobre a ação e a pensar em voz alta enquanto a realizam, sem depender diretamente dos objetos tangíveis ou de suas representações materializadas. O que antes era uma ação materializada ou prática agora se torna verbal. O discurso se torna o único portador da ação e de seus objetos.

5. A Etapa da Ação no Plano Mental, a qual permite organizar a orientação geral do estudante no plano mental. Em outras palavras, é uma etapa que possibilita o trabalho independente do estudante sem nenhum tipo de ajuda.

Além das etapas de formação da ação, existem outras características que definem a qualidade destas ações. Através da definição da forma como elas ocorrem, e dos conceitos que as orientam. Segundo Galperin (1986) a forma na qual se realiza a ação é a medida do grau de interiorização da ação. Nessa direção, uma ação pode ser realizada de formas diferentes: a) no plano material: utilizando os meios (objetos, materiais e instrumentos) para realizar a ação ou plano materializado quando se utiliza esquemas, diagramas ou modelos que expressam as relações essenciais entre os componentes do objeto de assimilação; b) no plano da linguagem externa (verbal) quando os alunos utilizam a linguagem verbal (escrita e oral) e c) no plano mental quando a ação se cumpre completamente na forma mental percorrendo o caminho da interiorização, transformando-se de ação externa para uma ação interna (NUÑEZ; PACHECO, 1997). Esse mesmo autor caracterizou cada uma das formas de ação de acordo com um modo de pensar dominante, destacado no Quadro 3.

Quadro 3: Formas da ação segundo Galperin (1986)

Formas/plano da Ação	Descrição das ações	Exemplos
Material ou Materializado	Atuando em objetos concretos, tangíveis, físicos ou em sua representação (modelos, figuras, diagramas, figuras); as ações baseiam-se no pensamento figurativo e operativo.	Olhando, demonstrando, imitando, fazendo coisas juntos.
Verbal	As ações são baseadas em pensamento aberto (pensamento comunicativo) ou discurso encoberto (pensamento dialógico); os objetos tangíveis ou suas representações são substituídos por conceitos de palavras e fala; as ações são executadas verbalmente (em voz alta ou subvocaliza) e atendem aos requisitos de comunicação e interação social.	Verbalizando, narrando, expressando ideias, sentimentos ou conhecimento em palavras. Dar apoio verbal mútuo. Resolver e levantar questões problemáticas. Participando de discussões.
Mental	A ação é exclusivamente realizada internamente (“na mente”) e os objetos externos e a fala audível são desnecessários.	Manipulando conceitos, gerando possibilidades e hipóteses. Construindo e resolvendo problemas mentais. Planejamento e monitoramento cognitivo.

Fonte: Galperin (1986)

A qualidade da ação pode ser identificada a partir de graus/parâmetros tais como:

- a) Grau de Generalização: refere-se à extensão do conceito, o limite de sua aplicação em determinados contextos. Ou seja, significa a possibilidade de o aluno aplicar com sucesso a metodologia geral que orienta a atividade à solução de todos os casos possíveis dentro dos limites de aplicação. A generalização ocorre quando, desde o início, vários aspectos do objeto envolvido são usados para realizar as tarefas de aprendizagem (PEREIRA e NUÑEZ, 2017; HAENNEN, 2001). No estudo de baterias galvânicas, reações redox e eletrólise, processos de equilíbrio: solução aquosa e o conceito de potencial de eletrodo, esses conceitos devem ser aplicados a tarefas que representam novas situações e requerem uma transferência correta de aprendizado, por exemplo, se quisermos estudar os processos de corrosão de metais (NUÑEZ E RAMALHO, 2012);
- b) Grau de Percepção/Detalhamento: refere-se ao nível de detalhamento da ação em seus elementos constituintes. No processo de assimilação de novas ações, toda ação inicial deve realizar-se de uma forma desdobrada para que se tenha consciência dos elementos que a integram, e só depois é que se inicia o processo de redução, para chegar à forma reduzida que corresponde à forma mental. Por exemplo, isso ocorre durante o aprendizado da técnica de pipetagem, titulação e quando estamos aprendendo a dirigir;
- c) Grau de Consciência: consiste na possibilidade de não apenas cumprir corretamente a ação, mas também de fundamentá-la na forma verbal (oral e/ou escrita) o seu cumprimento correto. Este grau está vinculado ao conhecimento procedimental relativo às habilidades que se dominam, as quais são demonstradas a partir da ação. Por exemplo, o aluno pode dar-se conta do que está fazendo e por que, utilizando-se da linguagem verbal para traduzir uma lógica da ação para uma lógica dos conceitos como forma de permitir uma ação consciente. Por exemplo, quando o aluno além de dominar a técnica de preparação de uma solução, ele consegue explicar quimicamente as interações que ocorrem na formação de uma solução química;
- d) Grau de Independência: refere-se à possibilidade do aluno de realizar corretamente uma ação com ou sem determinados níveis de ajuda/mediação. Esse grau tende a aumentar à medida que os alunos avançam nas etapas de

assimilação relacionadas ao processo de formação da atividade de aprendizagem (NUÑEZ; PACHECO, 1997);

- e) Grau de Solidez: Expressa a possibilidade de ter sucesso na execução da ação depois de passado algum tempo após sua formação. É um resultado da generalização e da automatização da ação. O grau de solidez é consequência da forma da ação (a solidez aumenta quanto mais completo é o processo de internalização), do grau de generalização (quanto maior é o grau de generalização, mais sólida é a ação) e do grau de automatização (NUÑEZ; PACHECO, 1997).

2.3.2 Algumas relações entre o EABRP e aspectos da Teoria de Galperin

Segundo Delgado e Mendoza (2012) a Teoria de Galperin considera a interação entre objeto-sujeito, a qual é mediada pelo professor. O sujeito se relaciona com o objeto a partir da atividade pela transformação da atividade externa em interna, passando por cinco etapas de formação da ação que podem ser controladas externamente. Relacionando esses aspectos com o EABRP, há uma maior ênfase na dimensão pedagógica, pois o professor aparece nitidamente como mediador do processo. Na mediação da interação, o professor precisa dominar o objeto e atividade de estudo, buscar promover a transição da atividade externa, material, para a atividade interna, psíquica, a partir dos princípios de orientação da ação na atividade de estudo.

Na etapa Motivacional, primeira etapa de formação da ação, a atividade de estudo é apresentada. Nessa etapa ocorre uma preparação inicial para a assimilação do conhecimento científico por meio da resolução de problemas autênticos a fim de estimular a motivação dos alunos para o aprendizado. A motivação é introduzida pelo problema, como ponto de partida, que desencadeia a atividade de aprendizagem, sendo necessária também em todo processo do EABRP e nas demais etapas de formação da ação.

Em seguida o professor prepara a BOA da atividade, especificamente nesse trabalho, a SEA sobre Biogás, na qual os conhecimentos prévios dos alunos e os objetivos de ensino são considerados. Desta forma, o aluno terá o conhecimento necessário sobre as atividades da SEA que serão realizadas, bem como esclarecimento sobre as etapas e aspectos conceituais e procedimentais relacionados a formação do conceito de hidrocarboneto no contexto da Produção de Biogás.

Na Etapa de formação da ação no Plano/Forma Material ou Materializado os alunos começam a executar as ações em parceria com os colegas e deve transferir as ações (generalização) para resolver novas atividades (SILVA, 2011). Este processo ocorre simultaneamente com a linguagem, ajudando na reflexão sobre o objeto ou sua representação. Segundo Talízina (2009), a atividade em grupo é necessária para a formação da atividade individual, uma vez que Vigotski aponta que as funções psicológicas superiores são formadas a partir das formas coletivas da atividade. No contexto desta pesquisa, envolvendo a SEA sobre Biogás, o trabalho em grupo é destaque no EABRP, pois contempla duas componentes importantes no processo de aprendizagem, a componente cognitiva/acadêmica e a componente social/interpessoal (VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012).

Seguimos para a etapa de formação da ação no plano da Linguagem Externa, onde a linguagem assume um papel fundamental, pois permite a criação de signos que adquirem significados e passam a ser interiorizados independentemente da presença do objeto. Esta etapa é provida pelas interações ocorridas em sala de aula com o intuito de sistematizar e esclarecer os resultados das ações desenvolvidas. Por exemplo, ações de discussão sobre questões envolvidas na atividade experimental, debates e explicações de forma oral são exemplos de como a Linguagem Externa pode ser explicitada e avaliada na SEA sobre Biogás com base no EABRP. Essas ações, do ponto de vista do EABRP favorecem a interação entre alunos e professor e alunos-alunos no processo educativo (VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012; SILVA, 2011).

A última etapa está relacionada à automatização das ações e as representações mentais do aluno como reflexo da transformação da atividade externa (material) em atividade interna (psíquica). Segundo Silva (2011) a ação mental não é algo exclusivamente abstrato, mas que se dirige para certo problema tentando resolvê-lo na prática. Os alunos conseguem resolver o problema quando assimilam informações apropriadas por meio de ações, as quais são transformadas numa imagem mental, ou seja, na formação de conceitos. Ao chegar nessa etapa, espera-se do aluno um maior grau de abstração e generalização conceitual e a síntese na execução das ações, com a independência mais significativa possível, os quais, de acordo com Galperin e com os princípios do EABRP contribuem para o desenvolvimento tanto do pensamento teórico quanto de habilidades de comunicação, criatividade, criticidade e conseqüentemente um aprendizado significativo (SILVA,

2011; NUÑEZ, 2009; MENDOZA, 2009; VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012). Enfatizamos que durante esta etapa, os alunos precisam resolver problemas em novos contextos a fim de possam aplicar os conceitos que foram assimilados e habilidades desenvolvidas nas etapas de formação da ação (SILVA, 2011; NUÑEZ, 2009; MENDOZA, 2009; FREITAS, 2012).

Buscando uma aproximação entre às características do EABRP com aspectos da Teoria das Ações Mentais por Etapas de Galperin, Silva (2011) estabelece relações importantes quando realiza uma análise comparativa entre as duas abordagens. Esse autor destaca que embora essas abordagens sejam fundamentadas em pressupostos teóricos e metodológicos diferenciados, elas responderem adequadamente aos aspectos cognitivos da curiosidade científica dos alunos. O autor afirma que quando os estudantes aprendem ciências por meio de suas curiosidades, eles realizam uma atividade de aprendizagem a partir do momento em que a curiosidade científica representa uma motivação, uma necessidade dos estudantes de aprender.

Nessa direção, apresentamos no Quadro 4 uma síntese das relações da abordagem de EABRP e aspectos da Teoria de Galperin, segundo Silva (2011):

Quadro 4: Relações entre a ABRP e a Teoria de Galperin

EABRP	Teoria de Galperin
Foco no conceito	Foco no objeto da ação
Ênfase na cognição	Ênfase na ação
Trabalho em grupo	Trabalho grupo/individual
Pensamento crítico-analítico	Pensamento crítico-dialético
Elaboração da curiosidade/ Motivação (Problema) - Discussão/Raciocínio-Resolução	Curiosidade, materialização do fenômeno, discussão orientada ao objeto, internalização da atividade/conceito
Apropriação de conceitos	Assimilação de conceitos
Uso de contextos problemáticos	Uso de contextos problemáticos
Processamento de informações	Procedimento lógico de inclusão do conceito na ação
Evolução conceitual - Avaliação processual	Formação de ações mentais - Avaliação processual

EABRP	Teoria de Galperin
Qualidade da aprendizagem – habilidades de resolução de problemas. Novas habilidades e nova apropriação conceitual	Qualidade da ação: grau de generalização, grau de consciência, grau de solidez, grau de detalhamento. Novas habilidades e assimilação conceitual

Fonte: Baseado em Silva (2011)

Analisando o Quadro 4 percebe-se que o EABRP e a Teoria de Galperin apresentam diferentes focos nos processos da aprendizagem e na trajetória formativa dos indivíduos. Entretanto, as duas abordagens se voltam para a constituição de um sujeito autônomo. O EABRP envolve uma autonomia voltada para uma competência do “saber fazer”, “saber aprender” e “saber ser”, que se relaciona com a elevação das capacidades cognitivas do sujeito no processo de resolução de problemas. Para Galperin, o foco do processo de ensino e aprendizagem se volta para a ação, elemento que direciona a compreensão do sujeito sobre o objeto de estudo. Nesse sentido, busca-se o desenvolvimento de um sujeito autônomo que necessita atuar sobre a realidade e/ou materialização do fenômeno para se apropriar dos instrumentos reais e simbólicos da cultura científica, criando expressões simbólicas que garantam a atividade/ação consciente e a generalização de fatos e/ou fenômenos (SILVA, 2011).

Nesse trabalho procuramos estabelecer relações entre o EABRP e a Teoria de Galperin pelo fato de que ambas apresentam contribuições para a apropriação e formação de conceitos científicos pelos sujeitos/estudantes no espaço acadêmico escolar.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

O desenho metodológico dessa dissertação visa construir um percurso que subsidie a busca de respostas para a seguinte **questão de pesquisa**:

- Quais as contribuições de uma SEA sobre Biogás, elaborada com base no EABRP, para o processo de assimilação do conceito de hidrocarbonetos (metano) e das reações envolvidas no processo de produção de Biogás por licenciandos em Química?

Partindo dessa questão foram estabelecidos os objetivos geral e específicos:

Objetivo Geral

- Investigar as contribuições de uma SEA sobre Biogás, elaborada com base no EABRP, para o processo de assimilação do conceito de hidrocarbonetos (metano) e das reações químicas envolvidas na produção de Biogás por licenciandos em química a partir de aspectos da Teoria das Ações Mentais por Etapas de Galperin.

Objetivos Específicos

- Diagnosticar o nível de compreensão inicial dos licenciandos em Química sobre hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas na produção de Biogás;
- Analisar o percurso de assimilação do conceito de hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas na produção de Biogás por licenciandos em química durante o desenvolvimento de uma SEA com base no EABRP.

A escolha do tema Biogás justifica-se pelo fato deste permitir a abordagem de conteúdos químicos articulados a aspectos da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente nas aulas de Química. Tal justificativa corrobora com orientações sugeridas nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química (BRASIL, 2001) no que diz respeito a importância do desenvolvimento do pensamento químico por estudantes, associado aos eixos social, tecnológico, ambiental, político e ético.

Esse estudo é de caráter qualitativo porque busca a compreensão de fenômenos caracterizados no contexto no qual ocorre e do qual é parte (MINAYO e SANCHES 1993; LÜDKE e ANDRÉ, 1986), como por exemplo, o processo de assimilação de conceitos científicos no contexto acadêmico a partir de um estudo de caso. Para Yin (2005) “o estudo de caso contribui para a compreensão de fenômenos individuais, organizacionais, sociais e políticos”. O aspecto diferenciador do estudo de caso “reside em sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências – documentos, artefatos, entrevistas e observações” (YIN, 2005). Portanto, o estudo de caso é um modo de se investigar um fenômeno empírico seguindo um conjunto de procedimentos pré-especificados com a finalidade de explicar os vínculos causais em intervenções da vida real.

Os dados foram obtidos mediante contato direto com os participantes da pesquisa, os quais foram posteriormente analisados a partir de uma abordagem descritiva e interpretativa (LÜDKE e ANDRÉ, 1986). A análise descritiva permite realizar a descrição detalhada das características do grupo investigado e das etapas de pesquisa, possibilitando uma análise minuciosa dos dados coletados (CUNHA, 2007). A participação efetiva do pesquisador no processo de pesquisa configura-se como um forte indício de uma abordagem qualitativa de pesquisa.

Apresentaremos a seguir a descrição do contexto e sujeitos, procedimentos metodológicos: etapas de elaboração e desenvolvimento da SEA sobre Biogás e do referencial de análise de dados da pesquisa. A estruturação das atividades propostas na SEA foi baseada no EABRP e nas dimensões de Méheut (2005).

3.1 CONTEXTO E SUJEITOS DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida no contexto da formação inicial de professores de Química durante o desenvolvimento do componente curricular de ensino de Química intitulado “Instrumentação para o Ensino de Química (IEQ II)”, ofertado pelo curso de Licenciatura em Química de uma Instituição de Ensino Superior de Pernambuco no primeiro semestre de 2018.

O critério de escolha do componente curricular se deve ao fato deste apresentar como um dos objetivos de ensino a integração entre os conhecimentos químico e pedagógico do conteúdo. Especificamente, a IEQ II contempla em sua ementa abordagens de ensino, como o Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade e Resolução de Problemas, no âmbito acadêmico, integradas ao conhecimento químico. A turma

foi composta por dez licenciandos, dentre os quais, seis participaram de todas as aulas e atividades da SEA. Os participantes foram denominados de AC*, AD1*, AN*, AF*, AJ*, AL*.

Nesse estudo o mestrando atuou como professor pesquisador na elaboração e aplicação da SEA durante a realização de seu estágio à docência, com a supervisão da professora responsável pela disciplina de IEQ II.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento dessa pesquisa foram organizados em quatro etapas: 1) Elaboração da sequência, 2) Desenvolvimento da sequência e 3): Desenho da SEA e 4) Referencial de Análise de Dados.

3.2.1 Elaboração da Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA)

Para a elaboração da SEA sobre o tema Biogás foram considerados pressupostos teóricos e metodológicos da abordagem de resolução de problemas segundo Leite e Afonso (2001) e Vasconcelos e Almeida (2012), buscando contemplar elementos fundamentais para o trabalho com essa abordagem, tais como: 1) apresentação de problema fictício ou real; 2) utilização de recursos didáticos que auxiliem o aluno na discussão do problema; 3) promoção do trabalho colaborativo; 4) identificação das necessidades de aprendizagem do aluno, 5) Aplicação do que foi aprendido a partir da resolução do problema e 6) avaliação do processo de aprendizagem.

Em relação ao planejamento, a sequência de ensino e aprendizagem deve conter quatro componentes básicos a serem considerados - professor, alunos, mundo real e conhecimento científico - e ainda as relações existentes entre esses componentes, que contemplam duas dimensões: a dimensão epistêmica (processos de elaboração, métodos e validação do conhecimento articulados ao mundo real) e a dimensão pedagógica (o papel do professor e do aluno e as interações professor-aluno e aluno-aluno) (VILELA *et al.*, 2008).

A dimensão epistêmica da SEA refere-se à construção do conhecimento como uma ação voltada para interpretação do mundo, compreensão de métodos científicos e comprovação de hipóteses, que buscou ser contemplada do seguinte modo: A partir

da temática Biogás foram abordados conteúdos químicos de hidrocarbonetos (metano) das reações químicas envolvidas no processo de produção do Biogás. A dimensão pedagógica está associada à forma de atuação que o professor desenvolve com os alunos em sala de aula, de maneira a promover interações entre eles. Assim, buscaram-se promover interações diversas entre professor e alunos, alunos e especialista e alunos e alunos por meio da forma de organização dos alunos na realização das atividades da sequência. A seguir descrevemos como foi estruturada a SEA sobre o tema Biogás.

Inicialmente, para a elaboração do enunciado do problema, o pesquisador considerou como base sua experiência profissional na temática de gestão ambiental, desenvolvimento de tecnologias de aproveitamento e controle de produção de Biogás vivenciada nas atividades do Grupo de Pesquisa em Resíduos Sólidos (GRS) de uma IES do Recife. O problema elaborado (cf. Quadro 5) visou à abordagem de conteúdos de Química de forma teórica e prática, a contextualização do conhecimento químico por meio de temas próximos a realidade dos alunos e a elaboração de estratégias de resolução de problemas. Nesse trabalho foram consideradas na elaboração do problema P1 (cf. Quadro 5) as seguintes características: problema próximo do real, que envolve uma resolução articulada a uma abordagem conceitual e contextual, a proposição de hipóteses para resolução inicial do problema (VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012).

Quadro 5: Problema P1

Sabe-se que o aumento das concentrações de gases como CO_2 , CH_4 e N_2O na atmosfera é um dos fatores responsáveis pelo agravamento do efeito estufa. Alternativas para a redução desses gases estão sendo utilizadas tanto na cidade quanto no campo, por meio da produção de Biogás. Nesse contexto, solicitamos que você descreva as etapas do processo de obtenção de Biogás. Qual seria a matéria-prima utilizada nesse processo? Há formação de novas substâncias, nesse processo? Se sim, explique utilizando a linguagem/representação química. Qual a tecnologia envolvida na obtenção de Biogás?

Fonte: elaborado pelo autor

3.2.2 Desenvolvimento da SEA

A SEA foi desenvolvida numa turma do curso de Licenciatura em Química, na qual seis alunos participaram de todas as atividades da sequência. A SEA foi composta de 6 momentos, 2 aulas cada momento, totalizando 12 aulas.

3.2.2.1 Primeiro Momento (Aulas 1 e 2)

No primeiro momento foram apresentados aos licenciados os objetivos da pesquisa, e entregue um termo de consentimento livre e esclarecimento para autorização de participação da pesquisa (APÊNDICE A). Em seguida o professor apresentou a introdução do contexto do problema a partir de imagens (APÊNDICE B) sobre o aquecimento global, efeito estufa, tipos de energia renováveis e não renováveis, matriz energética e possíveis soluções para problemas ambientais (luz solar, cidades, aterros sanitários, carros, emissão de gases por indústrias, refinaria de petróleo e hidrelétricas). Essas imagens foram observadas pelos alunos, que logo depois organizaram em categorias pré-estabelecidas (aquecimento global, combustíveis, energia renovável, lixo e resíduos e biogás) e apresentam à turma e ao professor. Nessa fase, novas categorias foram elencadas de acordo com a combinação das imagens.

Segundo Bruzzo (2012) o uso de imagens e fotografias pode ser um grande aliado para a identificação dos conteúdos que são introduzidos para os alunos, por auxiliar com objetos de estudo mais próximos do concreto. Em linhas gerais, as categorias elaboradas pelos alunos serviram como base para o professor identificar suas concepções iniciais sobre conteúdos envolvidos na temática Biogás, energias renováveis e em seguida apresentar o problema P1 (cf. APÊNDICE C).

Em seguida, os alunos responderam individualmente o problema P1, que trata dos fatores responsáveis pelo agravamento do efeito estufa, suas implicações sociais e ambientais, das alternativas para redução dos gases estufa e dos processos químicos envolvidos na tecnologia de produção de Biogás. A resolução do problema P1 possibilitou a identificação das concepções prévias dos participantes sobre os conteúdos químicos associados à temática Biogás, dentre eles: hidrocarbonetos, fatores que influenciam as reações orgânicas nas etapas de produção do biogás, tecnologias envolvidas e os impactos sociais, ambientais e econômicos na produção do Biogás. Esta atividade teve o objetivo de diagnosticar as concepções iniciais dos licenciandos sobre o tema Biogás, bem como de conteúdos químicos e ambientais relacionados a esse tema. Segundo Vasconcelos e Almeida (2012) o problema deve propiciar a expressão de concepções prévias, à elaboração de hipóteses (respostas iniciais ao problema) e a articulação com conhecimentos já aprendidos, além de incentivar a curiosidade e participação do aluno no processo de resolução.

3.2.2.2 Segundo Momento (Aulas 3 e 4)

Nesse momento foi realizada a atividade experimental “Montagem de um Biodigestor em pequena escala feito com garrafa PET”. O biodigestor, construído pelo pesquisador, teve como objetivo simular a produção de biogás a partir de diferentes resíduos orgânicos para compreensão de conceitos químicos na fase metanogênica e trabalhar os parâmetros físico-químicos envolvidos na obtenção de biogás. Essa atividade experimental busca simular a tecnologia envolvida no processo e as etapas de produção do Biogás.

Os alunos foram organizados em 4 grupos. Cada grupo trouxe um tipo de resíduo orgânico diferente, a saber: arroz, sementes de feijão, macarrão e casca de banana. O pesquisador informou em forma de desafio nas aulas 1 e 2, que para a escolha do resíduo, eles deveriam levar em consideração qual tipo de resíduo produziria maior quantidade de biogás quando colocados nos biodigestores nas mesmas proporções e concentrações de resíduo, bactérias e água. Para fazer a escolha do melhor resíduo, os alunos deveriam visitar o problema e fazer pesquisas na internet, livros, artigos etc. Esse desafio encorajou os alunos a fazer uma escolha considerando as características dos resíduos na formação de biogás, aspecto essencial para resultados positivos e esperados.

O pesquisador fez a leitura do roteiro experimental com os alunos (cf. APÊNDICE D) para orientar sobre os reagentes e materiais utilizados e as etapas de montagem do biodigestor, procurando elucidar dúvidas que surgissem. Um dos aspectos na montagem do biodigestor é buscar conhecer o que é essencial para que o biogás seja formado, reconhecer as fases físico-químicas envolvidas na biodigestão e sua função no sistema. Na Figura 6 pode-se observar o biodigestor utilizado.

Figura 6: Biodigestor montado



Fonte: Elaborado pelo autor

Os instrumentos de registro e coleta de dados usados foram a vídeo gravação da atividade experimental, e da apresentação das respostas às questões sobre o experimento (terceiro momento), que consta no roteiro da atividade experimental (cf. APÊNDICE D). As questões objetivaram abordar a descrição da composição do biogás em nível micro e macro, estrutura geométrica e função química de cada composto formado na fase metanogênica, a função do esterco bovino, as fases da digestão anaeróbia e sua representação química.

O biogás começou a ser formado entre 7 e 10 dias depois da montagem do biodigestor, nesse sentido, os alunos acompanharam seus respectivos biodigestores no decorrer da sequência de outras aulas, a fim de observar os estágios de degradação dos resíduos e os parâmetros de temperatura e vedação do sistema.

3.2.2.3 Terceiro momento (Aulas 5 e 6)

O professor pesquisador ministrou uma aula expositiva dialogada sobre os tópicos: Breve histórico do biogás; Hidrocarbonetos na natureza (Metano): conceito, representação química, ocorrência e reações envolvidas em uma das etapas da digestão anaeróbia (metanogênese); tecnologia, condições e parâmetros para obtenção de biogás; aspectos sociais, político-econômicos e ambientais relacionados à produção de Biogás. O objetivo dessa aula é apresentar aos alunos os conceitos químicos envolvidos na etapa metanogênica de produção do Biogás.

No decorrer dessa aula foram apresentados aos licenciandos, por meio de slides, os diferentes tipos de biodigestores (chinês e indiano), os estudos desenvolvidos no Brasil sobre biogás, as fases da digestão anaeróbica com ênfase

na fase metanogênica, a relação entre hidrocarbonetos e biocombustíveis, os principais alcanos e sua representação e estrutura (metano, propano e butano).

Em seguida os alunos entregaram a ficha de questões (cf. APÊNDICE D) acerca do experimento, por grupo, com as respostas. O objetivo desse momento é de mobilizar conceitos inseridos no problema a partir do experimento. Esse momento foi finalizado com a apresentação e discussão das respostas às questões pelos alunos para a turma, com mediação do professor pesquisador sempre que necessário.

3.2.2.4 Quarto momento (Aulas 7 e 8)

Nas aulas 7 e 8 os estudantes participaram de uma visita ao laboratório do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS) em Recife. O pesquisador distribuiu aos estudantes uma ficha com pontos relevantes (cf. APÊNDICE F) a serem observados durante a visita, a saber: preparação das amostras, tipos de resíduos orgânicos, técnicas físico-química de caracterização, equipamentos de controle e análise de gás, bem como buscou explicitar os objetivos de aprendizagem dessas aulas que foram observar e discutir os procedimentos de laboratório realizados no Laboratório de Resíduos Sólidos: montagem, instrumentos, digestão anaeróbia, análise química do biogás e potencial energético.

A visita foi guiada por dois especialistas em biogás e mediada pelo pesquisador. Os alunos conheceram as instalações e os principais ensaios e pesquisas realizadas no laboratório em termos de produção de Biogás: Ensaios mecânicos e automatizados, as etapas da digestão anaeróbia, parâmetros físicos e químicos importantes da produção de metano e análise de geração de biogás através de cromatografia gasosa. Os alunos tiveram a oportunidade de esclarecer dúvidas surgidas no momento da visita a partir de perguntas feitas aos especialistas, especialmente, na parte de visualização e quantificação da presença de metano.

Durante a visita os alunos foram dispostos no laboratório de forma que puderam ouvir, observar e participar das simulações e explicações feitas pelos especialistas. Ao final da visita foi solicitada aos alunos de forma a elaboração de um relatório individual, considerando os questionamentos feitos na visita e a aula experimental.

3.2.2.5 Quinto Momento (Aulas 9 e 10)

Nesse momento foi exibido um vídeo intitulado “Pequenos agricultores do Nordeste produzem gás para suas cozinhas” (GLOBO RURAL, 2016) que teve como objetivo relacionar o conteúdo de hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas no processo de produção do Biogás associadas às vantagens, desvantagens e questões socioeconômicas. O vídeo apresentou um projeto que está transformando a vida de pequenos agricultores do Nordeste do Estado de Pernambuco por meio da produção de Biogás a partir de esterco de animais, trazendo os aspectos sociais, políticos e econômicos relativos à tecnologia envolvida nesse tema. Durante a exibição do vídeo foi recomendado aos alunos a fazer anotações sobre os trechos que mais despertaram sua atenção e quais os assuntos do vídeo eles gostariam de focar a discussão na aula.

Em seguida, a turma foi organizada em círculo para uma atividade de debate sobre os assuntos abordados no vídeo, de forma que, todos pudessem interagir durante as discussões. No debate o pesquisador e os alunos levantaram questões para a turma direcionadas às técnicas utilizadas pelos agricultores para produção do biogás, aos procedimentos de segurança e purificação do gás obtido, acerca de sua possibilidade de uso em diferentes escalas e a função social e ambiental do biogás. O instrumento de coleta de dados utilizado nesse momento foi a vídeo gravação do debate.

3.2.2.6 Sexto Momento (Aulas 11 e 12)

Nesse último momento foi observada a produção de Biogás, retomando a atividade experimental realizada no segundo momento. Verificamos se houve produção de Biogás nos 5 (cinco) biodigestores montados pelos alunos através do teste da chama, e ainda qual dos biodigestores houve uma maior produção de biogás, buscando identificar qual das matérias-primas usadas foi a mais biodegradável.

Logo em seguida, os alunos foram convidados a produzir um texto (cf. APÊNDICE G) sobre de alguns aspectos tratados durante a aplicação da sequência. Essa atividade tem como objetivo sistematizar os conceitos abordados na SEA. Os tópicos abordados na produção textual composição Química do Biogás, transformações físicas e químicas da produção de Biogás, funcionamento de um

biodigestor, fatores que influenciam sua produção, vantagens e desvantagens da tecnologia do biogás. Essa atividade foi realizada de forma individual.

Ainda nesse momento os alunos responderam um questionário de avaliação sequencial que avaliar suas percepções sobre o desenvolvimento do EABRP a partir de questões relativas às atividades vivenciadas e possíveis contribuições e limitações dessa abordagem.

Apresentamos a seguir no Quadro 6 uma síntese das características do EABRP segundo Vasconcelos e Almeida (2012) e das Dimensões da SEA de acordo com Méheut (2005) que buscaram ser contempladas na construção da sequência.

Quadro 6: Características do EABRP e momentos da SEA

Características do EABRP	
Características	Momentos
Apresentação do problema P1	Momento 1 - Cenário de problema (atividade com as imagens), resolução do Problema P1 (identificar concepções prévias dos licenciandos sobre a matéria-prima, formação de novas substâncias na digestão e tecnologia do Biogás).
Realização de atividades que motivam o aluno para discussão do problema	Momento 2 e 3 - Atividade Experimental, Aula Expositiva Dialogada e Resolução de questões sobre o experimento.
Promoção do trabalho colaborativo	Momento 2, 4 e 6 - Trabalho em grupos nas atividades: experimental, visita de campo e discussão dos resultados da atividade experimental.
Identificação das necessidades de aprendizagem do aluno	Ao longo de todo o processo - Momento 3, 4, 5 e 6 Identificação de conhecimentos prévios e dificuldades dos alunos a fim de repensar estratégias ou desenvolver atividades que permitam aprendizagens mais significativas No momento 5 temos exibição de vídeo “Pequenos agricultores do Nordeste produzem gás para suas cozinhas” (GLOBO RURAL, 2016) e debate (Articulação dos conhecimentos químicos às questões sociais e econômicas)
Produção Textual e Avaliação da metodologia de EABRP	Momento 6 - Resultado da atividade experimental; Produção Textual sobre os conceitos abordados e Avaliação do EABRP.

Dimensões da SEA	
Dimensões	Momentos
Epistêmica	<p>Momentos como 3, 4, 5 e 6. O conteúdo de hidrocarbonetos e os fatores que influenciam as reações químicas orgânicas foram abordados no contexto do tema Biogás, buscando a integração do conteúdo químico com o mundo real. As atividades foram propostas de modo a trabalhar conteúdos inseridos no problema.</p> <p>Atividades objetivaram a construção de significados pelos alunos para conceitos químicos abordados a partir do tema Biogás e suas relações CTSA.</p>
Pedagógica	<p>Momentos como o 2, 4 e 6 ilustram possibilidade de interações entre professor (pesquisador), alunos e especialistas.</p> <p>A organização dos alunos em grupos na realização das atividades da sequência buscou a presença de interações entre professor-alunos, alunos-alunos e alunos-especialista.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.3 Desenho da SEA

No Quadro 7 apresentamos o desenho das atividades realizadas na SEA.

Quadro 7: Desenho da sequência sobre Biogás

Momento 1 (Aulas 1 e 2) – Apresentação e Introdução do Contexto de Pesquisa Data: 18/06/2018		
Tema: Biogás, uma Energia Renovável		
Objetivos: Compreender a proposta da pesquisa e da SEA. Explicar sobre o termo de livre esclarecimento (cf. APÊNDICE A) da pesquisa. Introduzir a temática Biogás; identificar concepções dos licenciandos sobre hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas na produção de Biogás.		
Atividades	Conteúdos	Tempo
Apresentação da proposta de pesquisa e da SEA: os objetivos, os conteúdos e as atividades planejadas.	Elementos do EABRP: Definição e principais características	15 min
Assinatura do termo de livre esclarecimento da pesquisa.	Esclarecimento sobre o termo de autorização da pesquisa	15 min
Introdução e identificação do contexto do problema	Introdução da problemática, focada no aquecimento global, efeito estufa e os tipos de energia renováveis e não-renováveis (cf. APÊNDICE B)	40 min

Resolução do problema P1	Identificar concepções dos licenciandos sobre hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas na produção de Biogás.	40 min
Recursos didáticos	Datashow, notebook, Termo de consentimento (cf. APÊNDICE A), Ficha com Atividade (cf. APÊNDICE B), Ficha com problema P1 (cf. APÊNDICE C)	
Espaço físico utilizado	Sala de aula	
Organização dos alunos	Em grupo e individual	

Momento 2 (Aulas 3 e 4)**Data: 02/07/2018**

Objetivo: Compreender os conceitos químicos envolvidos na etapa metanogênica do processo de produção de Biogás e Identificar os principais processos e parâmetros físico-químicos na obtenção do Biogás articulado aos aspectos sociais e tecnológicos

Atividade	Conteúdos	Tempo
Realização da Atividade experimental: Montagem de Biodigestor em pequena escala feito com garrafa PET.	Processos e parâmetros físico-químicos na obtenção do Biogás: temperatura, pH, pressão, relação reagentes/produtos, composição do biogás, estrutura química e reações orgânicas envolvidas no processo.	120 min
Recursos didáticos	Ficha com o Roteiro Experimental e Questões sobre o Experimento	
Espaço físico utilizado	Laboratório	
Organização dos alunos nas atividades	Em grupos	

Momento 3 (Aulas 5 e 6) Data: 19/06/2018		
Objetivo: Abordar os aspectos históricos, econômicos, políticos e ambientais relacionados com a produção de gás metano		
Atividades	Conteúdos	Tempo
Aula expositiva dialogada Resolução de questões sobre a atividade experimental (cf. APÊNDICE D). Apresentação das respostas as questões pelos grupos e sistematização pelo professor.	1- Histórico do Biogás, Composição Química e Propriedades energéticas do Biogás. Biodigestor e o processo de biodigestão. 2- Importância dos compostos orgânicos no cotidiano; Combustíveis e energia renováveis.	120 min
Recursos didáticos	Slides, quadro, marcador, questões (cf. APÊNDICE D).	
Espaço físico utilizado	Sala de aula	
Organização dos alunos nas atividades	Individual	

Momento 4 (Aulas 7 e 8) Data: 03/07/2018		
Objetivo: Observar e discutir os procedimentos de laboratório realizados no Laboratório do Grupo de Resíduos Sólidos: montagem, instrumentos, digestão anaeróbia, análise química do biogás e potencial energético.		
Atividade	Conteúdos	Tempo
Visita de campo ao Laboratório do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS-Recife). Elaboração de relatório. (cf. APÊNDICE F)	Processos de tratamento dos resíduos sólidos urbanos e compostos orgânicos. Tecnologias de tratamento de resíduos de diferentes compostos orgânicos, aproveitamento energético de biogás. Análise de composição de biogás.	120 min
Recursos didáticos	Ficha com o roteiro de visita e questões (cf. APÊNDICE F)	
Espaço físico utilizado	Aula extraescolar	
Organização dos alunos nas atividades	Em grupo: durante a visita. Em grupos (3 alunos). Descrever visita e resposta às questões (relatório)	

Momento 5 (Aulas 9 e 10) Data: 25/06/2018		
Objetivo: Compreender os conceitos químicos envolvidos em uma das etapas (metanogênica) do processo de produção de Biogás articulado aos aspectos sociais e tecnológicos.		
Atividade	Conteúdos	Tempo
Exibição do Vídeo “Pequenos agricultores do Nordeste produzem gás para suas cozinhas” (GLOBO RURAL, 2016) Questões para discussão e debate sobre o vídeo.	Vantagens e desvantagens do uso do Biogás. Aspectos sociais, político-econômicos e ambientais relacionados à produção de Biogás. Questões para discussão: Qual é o assunto principal mostrado no vídeo; como podemos usar essa informação em grande escala? É possível ser feito nas cidades? Como você pode usar essa informação em benefício da sua comunidade?	60 min 60 min
Recursos didáticos	Quadro, piloto, data show.	
Espaço físico utilizado	Sala de aula	
Organização dos alunos nas atividades	Grupos (3 alunos)	

Momento 6 (Aulas 11 e 12) Data: 09/07/2018		
Objetivo: Compreender conceitos químicos e tecnológicos da produção de metano a partir do biogás. Sistematizar esses conceitos articulando com aspectos sociais e econômicos envolvidos na produção de Biogás.		
Atividade	Conteúdos	Tempo
Discussão sobre os Resultados da Atividade Experimental; Produção Textual; Avaliação da intervenção didática	Composição Química do Biogás; Transformações físicas e químicas da produção de Biogás; Funcionamento de um Biodigestor; Fatores que influenciam sua produção.; Vantagens e desvantagens da tecnologia do Biogás.	120 min
Recursos didáticos	Ficha Produção Textual (cf. APÊNDICE G)	
Espaço físico utilizado	Sala de aula	
Organização dos alunos nas atividades	Grupos (3 alunos) e individual (Produção Textual)	

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.4 Referencial de Análise de Dados

Para atender os objetivos da pesquisa, a análise dos dados foi feita a partir de aspectos da Teoria de Galperin. Foi realizado o diagnóstico do nível de assimilação que corresponde ao **controle inicial realizado**, a partir da análise das concepções iniciais de licenciandos em Química sobre conceitos químicos envolvidos na produção de Biogás com base no conhecimento químico formal e, a partir do nível inicial de compreensão demonstrado pelos alunos de acordo com os parâmetros qualitativos da ação: grau de generalização, consciência e detalhamento (VASCONCELOS, 2017; NUÑEZ, 2009; GOMES, 2014; CHERNICHARO, 2007). Em seguida, as **etapas de assimilação** dos conceitos químicos trabalhados na SEA aplicada foram analisadas a partir das etapas de assimilação: motivacional, base orientadora da ação, formação da ação no plano material ou materializado, formação da ação no plano da linguagem externa e formação da ação no plano mental e, por fim, **o controle final**, identificando a forma e o grau que indicam a qualidade da ação, a saber: forma da ação (material ou materializada, verbal externa e mental), assim como grau de generalização, grau de consciência, grau de detalhamento e grau de independência. (NUÑEZ, 2009). A etapa de assimilação e o controle final se relacionam com o segundo objetivo específico de pesquisa.

Para atender ao primeiro objetivo específico que é diagnosticar o nível de compreensão dos licenciandos em Química sobre alguns conceitos químicos envolvidos na produção de Biogás foi feita a análise das respostas dos licenciandos ao problema P1, com base no espelho de resposta elaborado para esse problema, o qual foi fundamentado no conhecimento científico formal sobre Produção de Biogás (GOMES, 2014; CHERNICHARO, 2007). Após a elaboração do espelho de resposta foram criadas as seguintes categorias de análise: Resposta Satisfatória (RS), que indica respostas adequadas; Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS), que indica resposta parcialmente adequada; Resposta Insatisfatória (RI), que corresponde a respostas inadequadas e (NR), que não respondeu à questão. A seguir, apresentamos no Quadro 8 o espelho de resposta para as questões abordadas em P1:

Quadro 8: Espelho resposta para P1

<p>Questionamento 1: Qual a matéria-prima utilizada nesse processo?</p> <p>Resposta Esperada: A matéria-prima utilizada na geração de biogás é diversa. A matéria orgânica proveniente dos resíduos de atividades agrícolas e os dejetos de suínos, bovinos, aves, ovinos e caprinos, bem como os resíduos de aterros e de indústrias de alimentos, frigoríficos e restaurantes pode ser utilizada para produção de Biogás. (DEGANUTTI <i>et al.</i> (2002).</p> <p>Questionamento 2: Há formação de novas substâncias nesse processo? Se sim, explique utilizando a linguagem/representação química.</p> <p>Resposta Esperada: Sim, a matéria orgânica ou biomassa é composta basicamente carboidratos, proteínas e lipídios que são decompostos em substâncias menos complexas como aminoácidos, açúcares e ácidos graxos através da digestão anaeróbica. Em cada etapa da digestão anaeróbia, há transformação de novas substâncias, tendo metano e dióxido de carbono como principais produtos (FIRMO, 2013). As reações principais da formação de biogás estão na fase metanogênica e ocorre por duas vias: 1) Redução de CO₂: Metanogênese hidrogenotróficas: $H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$ e 2) Metanogênese acetoclástica: $CH_3COO^- \rightarrow CH_4 + CO_2$.</p> <p>Questionamento 3: Qual a tecnologia envolvida na obtenção de Biogás?</p> <p>Resposta Esperada: O Biodigestor é uma tecnologia para produção de Biogás através da digestão anaeróbia, processo químico-biológico onde a matéria orgânica é consumida sem a presença de oxigênio. O biodigestor proporciona condições adequadas para que as bactérias metanogênicas atuem sobre a biomassa para produção de biogás (combustível) (SILVA <i>et al.</i>, 2012).</p>
--

Fonte: Baseado em (GOMES, 2014; CHERNICHARO, 2007)

Quanto aos indicadores qualitativos das ações, optou-se pelos usados e descritos por Nuñez (2009) e Vasconcelos (2017) para classificar o nível de desenvolvimento da ação em relação aos conceitos implicados dentro do tema Biogás. Dessa forma, os indicadores qualitativos das ações são mostrados no Quadro 9 a seguir:

Quadro 9: Descrição dos indicadores qualitativos para o Problema P1

Indicadores Qualitativos	Descrição
Generalização	Capacidade de aplicar o novo conhecimento em situações novas.
Independência	Realização correta de uma ação sem ajuda; ou seja, quando o aluno consegue realizar a ação de forma independente
Consciência	Capacidade de realizar a ação e explicar verbalmente o que está fazendo e por quê; Capacidade de aplicar o novo conhecimento em situações
Detalhamento	Conhecer porque se realiza a ação, em cada momento e quais ações devem ser realizadas, ou seja, o alto grau de detalhamento contribui para a conscientização da atividade;
Forma de ação	O grau de assimilação. Demonstrar ter internalizado o conceito abordado

Nível Qualitativo da Ação
Nível Insuficiente: O aluno apresenta desempenho abaixo do esperado, não resolve o que é solicitado por não ter clareza de algumas situações
Nível Regular: O aluno apresenta desempenho elementar, pois resolve poucas ações solicitadas e com certa dificuldade
Nível Bom: O aluno apresenta desempenho suficiente, mostra compreender a ação. Entende o que deve ser realizado e resolve a ação com certa facilidade
Nível Ótimo: O aluno tem desempenho eficaz e eficiente, clareza das ações a serem executadas. Não demonstram ter empecilhos na execução da ação.

Fonte: Baseado em Vasconcelos (2017)

Para atender o segundo objetivo específico, analisar o percurso de assimilação de conceitos de química orgânica por licenciandos em Química, durante o desenvolvimento de uma SEA sobre Biogás com base no EABRP foi considerado elementos da teoria de Galperin. Segundo Nuñez, (2009), as bases da teoria de Galperin incluem as pesquisas de Vigotsky a respeito das funções psicológicas superiores e de Leontiev sobre unidade da atividade psíquica e atividade material. As atividades psíquicas incluem tanto as representações e os conceitos, como as ações e as operações. Dessa forma, os elementos da atividade podem ser tanto materiais (externos), como psíquicos (internos) (RODRIGUES *et al.*, 2010; TALÍZINA, 2009).

Os resultados das ações realizadas pelos alunos serão avaliados através da comparação dos produtos construídos pelos licenciandos com relação aos objetivos de cada atividade analisada, ou seja, analisando o desenvolvimento das respostas com o objetivo de identificar a qualidade das ações realizadas no processo de assimilação. O

Quadro 10 descreve as atividades, objetivos, ações dos alunos, conteúdos e resultados/produtos esperados no desenvolvimento da SEA, com base em algumas categorias de Leontiev (1985):

Quadro 10: Síntese das atividades da SEA baseado em Leontiev (1985).

Atividades	Objetivos	Ações dos alunos	Objeto/conteúdos	Produto Esperado
Problematização do tema Biogás por meio de imagens Resolução do	Introduzir a temática Biogás Identificar concepções dos licenciandos sobre conteúdos	Delimitar o problema proposto. Elaborar possíveis respostas para	Hidrocarbonetos, matéria-prima utilizada e tecnologia na obtenção de Biogás, reações	Respostas Iniciais ao Problema P1

Atividades	Objetivos	Ações dos alunos	Objeto/conteúdos	Produto Esperado
Problemas P1	químicos associados à produção de Biogás	<p>P1</p> <p>Refletir sobre conteúdos químicos envolvidos na produção do Biogás</p> <p>Utilizar estratégias e mobilizar conhecimentos prévios para resolver o problema</p>	ocorridas nas etapas de produção do biogás	
Experimento e Resolução de questões sobre o experimento	<p>Compreender conceitos químicos envolvidos na etapa metanogênica de produção do Biogás</p> <p>Identificar parâmetros físico-químicos envolvido na produção de Biogás</p> <p>Mobilizar conceitos que envolvem o problema a partir de experimentos e pesquisa</p>	<p>Realizar a montagem de um biodigestor alternativo que simula a produção de biogás a partir de diferentes resíduos.</p> <p>Articular conceitos químicos aos Problema P1</p> <p>Responder questões sobre o experimento</p>	<p>Hidrocarbonetos; fatores que influenciam a produção de biogás e Tecnologia de Biodigestores</p> <p>Fases da digestão anaeróbia e sua representação química.</p>	<p>Biodigestor alternativo que simula a produção de biogás</p> <p>Respostas às questões sobre o experimento</p>
Exibição de Vídeo e Debate	Promover a discussão sobre a relação entre o conteúdo de hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas na produção do Biogás, suas vantagens, desvantagens e questões socioeconômicas	Identificar e relacionar os conceitos e procedimentos da produção de biogás com os fatores político-econômicos e ambientais	Biodigestores e os fatores sociais e econômicos.	Sistematizar os conceitos e temas discutidos no vídeo

Atividades	Objetivos	Ações dos alunos	Objeto/conteúdos	Produto Esperado
Visita de Campo e Relatório de Visita	Compreender conteúdo abordados de forma integrada aos procedimentos de obtenção de Biogás no laboratório de GRS durante a visita	<p>Observar, perguntar, comentar sobre diversos modelos de biodigestores</p> <p>Identificar semelhanças dos biodigestores do laboratório com o biodigestor usados na atividade experimental.</p> <p>Identificar potencialidades do uso do Biogás no cotidiano</p> <p>Assimilar hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas na produção do Biogás</p>	Etapas de produção de Biogás em laboratório de Resíduos Sólidos	Relatório de visita
Resolução de P1 após a SD Produção textual	Sistematizar os conceitos abordados na SEA	<p>Descrever a composição química do biogás e as principais reações envolvidas na fase metanogênica.</p> <p>Explicar quais os fatores influenciam a produção de Biogás e quais vantagens e desvantagens de seu uso.</p>	Biodigestores, hidrocarbonetos e fatores que influenciam a produção de biogás	<p>Resposta Final ao Problema P1</p> <p>Texto elaborado pelos licenciandos visando a sistematização dos conceitos assimilados sobre Produção de Biogás</p>

Fonte: baseado em Leontiev (1985).

A partir do Quadro 10 podemos observar que para cada atividade temos um produto esperado a partir das ações dos licenciandos. A análise das respostas dos

alunos através dos resultados/produtos obtidos possibilita o estabelecimento de categorias e consequente avaliação da contribuição de cada atividade nas etapas de formação das ações mentais. Buscaremos identificar e analisar quais atividades correspondem as etapas de formação das ações estabelecidas por Galperin: etapa motivacional, Base Orientadora da Ação (BOA, formação da ação no plano material ou materializado, formação da ação no plano da linguagem externa e formação da ação no plano mental e, por fim, identificaremos a forma e o grau que indicam a qualidade da ação, a saber: forma da ação (material ou materializada, verbal externa e mental).

Galperin estabelece três processos associados entre si, os quais se referem às condições que assegurem a execução da ação de forma satisfatória: às etapas de assimilação (cf. Quadro 11) e aos parâmetros qualitativos da ação (cf. Quadro 12). Para a análise desta etapa da análise foram sugeridos quatro indicadores qualitativos como categorias para avaliar a qualidade das ações durante o processo de formação de conceitos químicos devido a seu grande potencial pedagógico. As categorias sugeridas são: forma da ação (material ou materializada, verbal externa e mental), grau de generalização, grau de consciência, grau de detalhamento e grau de independência (NUÑEZ, 2009; RODRIGUES 2014; LUNA e SILVA, 2018). Nesse trabalho, a SEA teve 9 atividades, no entanto, analisamos as atividades P1, Experimento, Resolução de Questões sobre o Experimento, Visita de Campo, Relatório de Visita de Campo e Produção Textual, com base nas etapas das ações de Galperin (1986).

Na **etapa motivacional**, esperamos que a temática e o problema despertem a curiosidade dos alunos em entender a situação apresentada. Esta etapa será avaliada pela motivação dos estudantes em refletir e propor explicações para o problema apresentado. A **etapa BOA** para a assimilação de conceitos químicos por meio da temática Biogás será avaliada de acordo com os tipos de BOA sugeridas por Galperin, levando em consideração o planejamento das atividades e as condições de realização das ações pelos licenciandos. Nessa etapa o aluno deve ter o conhecimento necessário sobre o objeto da ação, as condições, as ações que compõem a atividade realizada, os meios de controle e os limites de aplicação da atividade. A **etapa material/materializada** é uma etapa de raciocínio teórico e de execução da ação, na qual os estudantes trabalham em duplas/grupos para comunicarem as suas ideias enquanto executam a atividade. Nesse trabalho as atividades avaliadas de acordo

com esta etapa foram: experimento, resolução de questões e visita de campo. Nessas atividades, os estudantes tiveram que justificar o processo de solução das tarefas. Na etapa da **linguagem externa**, os alunos devem explicitar oralmente as respostas às tarefas executadas na etapa anterior, justificando cada etapa da solução da tarefa, de forma a demonstrar o grau de consciência alcançado. A comunicação verbal entre os alunos e com o pesquisador deve ser estimulada para que alunos possam ter o controle de suas próprias ações e realizar as correções que julguem necessárias. A etapa no **plano mental** exige o trabalho independente e a aplicação dos conhecimentos à solução de novas situações. Os alunos devem identificar, em um nível mental, as características que são necessárias e suficientes para aplicar os conceitos apreendidos na resolução de questões.

No Quadro 11 apresentamos as categorias de análise das atividades da SEA com base nas etapas de assimilação de Galperin (1986).

Quadro 11: Categorias da Etapa de assimilação de acordo com Galperin

Etapas	Atividades	Sujeitos	Objetivos	Ações
Motivacional	Problematização do tema Biogás por meio de imagens Resolução do Problemas P1	Pesquisador e aluno	Contextualizar a temática investigada Identificar as concepções dos alunos sobre os conceitos investigados	Delimitar o problema proposto. Respostas para P1 problema
BOA	Fichas com atividades	Pesquisador	Compreender os objetivos da BOA	Leitura das fichas de atividades
Plano Material /Materializado	Experimento Resolução de questões Visita de Campo	Pesquisador e aluno	Identificar parâmetros físico-químicos envolvidos na produção de Biogás	Montagem de um biodigestor a partir de diferentes resíduos.
Plano da Linguagem Externa	Resolução de questões	Pesquisador e aluno	Mobilizar conceitos que envolvem o problema a partir de experimentos e pesquisa	Responder questões sobre o experimento

Etapas	Atividades	Sujeitos	Objetivos	Ações
	Exibição de Vídeo e Debate	Pesquisador e aluno	Discutir as Vantagens e desvantagens do Biogás e os aspectos político-econômicos e ambientais	Discussão
	Relatório de Visita	Pesquisador, especialista e aluno	Observar, perguntar, comentar e discutir sobre os procedimentos adotados no laboratório associados a conceitos químicos estudados na produção de Biogás	Elaboração do relatório e discussão sobre a visita
Plano Mental	Resolução de P1 após a SD Produção textual	Alunos	Aplicar os conceitos abordados na SEA	Resolução individual das questões

Fonte: Elaborado pelo autor

A **forma da ação** é caracterizada pela classe de apropriação do sujeito enquanto realiza a ação, sendo, a interiorização da ação executada pelo aluno, podendo se apresentar das seguintes formas: 1) **material ou materializada** são as ações iniciais que serão colocadas em prática, sua particularidade é mostrada ao sujeito através de objetos reais (forma material) ou em formato de modelos, esquemas, desenhos (forma materializada); 2) **verbal** onde o objeto é apresentado pelo sujeito na linguagem oral ou escrita e 3) **mental**, onde o sujeito realiza a ação “para si”, ocorrendo pela organização de representações, conceitos, operações, que se constitui que a ação passou pelo processo de externa a interna.

Os parâmetros/indicadores de qualidade das ações considerados para análise das ações nas atividades realizadas pelos licenciandos foram: 1) **Grau de generalização**: situações em que o aluno soluciona de forma correta as atividades, percebendo os limites de aplicação desses conhecimentos e, o mais importante, transferindo os conhecimentos a novas situações de forma adequada; 2) **Grau de Independência**: transformação entre o estado de realização da ação através de algum auxílio para a sua realização de forma independente e 3) **Grau de consciência**: é referente à possibilidade de o sujeito saber as razões pelas quais está realizando ou realizou as ações. Esse indicador resultará da combinação dos indicadores anteriores. O Quadro

12 mostra as categorias de análise das ações realizadas pelos licenciandos nas atividades da SEA conforme parâmetros de qualidade e forma das ações (GALPERIN, 1986).

Quadro 12: Graus de assimilação dos conceitos abordados nas atividades

Indicadores Qualitativos	Grau insuficiente (conceito não desenvolvido)	Grau Regular (conceito pouco desenvolvido)	Grau Bom (conceito muito desenvolvido)
Generalização	<p>O aluno não identifica a composição química do biogás, não reconhece as reações e não especifica funções orgânicas envolvidas no processo.</p> <p>Não é capaz de explicar o funcionamento de um biodigestor e não compreende os fatores que influenciam a produção de metano</p>	<p>O aluno identifica em parte a composição química do biogás, além de nem sempre reconhecer as reações e especificar as funções orgânicas envolvidas no processo.</p> <p>Nem sempre é capaz de explicar o funcionamento de um biodigestor e, algumas vezes, não compreende os fatores que influenciam a produção de metano</p>	<p>O aluno identifica a composição química do biogás, reconhece as reações e especifica as funções orgânicas envolvidas no processo.</p> <p>É capaz de explicar o funcionamento de um biodigestor e compreende os fatores que influenciam a produção de metano</p>
Consciência	O aluno não é capaz de realizar a ação e explicar verbalmente o que está fazendo	O aluno é, em parte, capaz de realizar a ação e explicar verbalmente o que está fazendo	O aluno é capaz de realizar a ação e explicar verbalmente o que está fazendo
Independência	O aluno não consegue realizar a ação de forma independente, sem ajuda do professor ou de qualquer outra pessoa	O aluno consegue, em parte, realizar a ação de forma independente, sem ajuda do professor ou de qualquer outra pessoa	O aluno consegue realizar a ação de forma independente, sem ajuda do professor ou de qualquer outra pessoa
Forma mental da ação	O aluno não consegue assimilar no plano mental, o modelo de atividade que o guiará na resolução de várias tarefas, respeitando os limites de generalização propostos.	O aluno consegue, em parte, assimilar no plano mental, o modelo de atividade que o guiará na resolução de várias tarefas, respeitando os limites de generalização propostos.	O aluno consegue assimilar no plano mental, o modelo de atividade que o guiará na resolução de várias tarefas, respeitando os limites de generalização propostos.

Fonte: Luna e Silva (2018)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa sessão apresentamos a discussão dos resultados obtidos a partir do processo de ensino-aprendizagem desenvolvido, buscando responder à questão de pesquisa. Realizamos a análise através dos dados coletados nas atividades, nas produções escritas dos alunos e nas observações das aulas, registradas por meio de gravações em áudio e em vídeo. Inicialmente, discorremos sobre o controle inicial, realizando um diagnóstico inicial a fim de identificar os níveis de desenvolvimento dos alunos em relação ao conteúdo de hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas na produção de Biogás. Em seguida, apresentamos a análise do desenvolvimento da SEA e, por fim, discutimos os resultados do controle final, procurando identificar o nível de desenvolvimento das ações e se os alunos conseguiram atingir a forma mental da ação.

4.1 CONTROLE INICIAL – DIAGNÓSTICO DO NÍVEL DE COMPREENSÃO DOS LICENCIANDOS ACERCA DOS CONCEITOS DE HIDROCARBONETOS (METANO) E REAÇÕES QUÍMICAS ENVOLVIDAS NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS (IMAGENS E PROBLEMA P1 - MOMENTO 1)

Dentre as características e finalidades do EABRP se destacam a valorização das ideias e conhecimentos prévios dos alunos. Segundo Vasconcelos e Almeida (2012), o problema deve propiciar a expressão de concepções prévias, à elaboração de hipóteses (respostas iniciais ao problema) e a articulação com conhecimentos já aprendidos, além de incentivar a curiosidade e participação do aluno no processo de resolução. Nesse sentido, Leach e Scott (2002) afirmam que as concepções prévias dos alunos devem ser consideradas, sendo essas de grande importância para a identificação das lacunas conceituais e o ponto de partida para a aprendizagem

Segundo Santos (2014) e Vasconcelos (2017) na fase de controle se identificam as estratégias que precisam de ajustes nas partes de orientação e execução das ações. O controle inicial possibilita estabelecer alguns dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo a ser assimilado, e serve de ponto de partida do processo de construção do conhecimento ao apontar o nível do conhecimento e de habilidades dos alunos antes da aplicação de intervenções pedagógicas. Nesse sentido, é fundamental identificar se os alunos possuem um grau de desenvolvimento mínimo necessário para assimilar novos conceitos.

O Momento 1 da SEA teve como objetivo principal diagnosticar as concepções prévias dos participantes da pesquisa sobre alguns conceitos químicos envolvidos na produção de biogás. Primeiramente os alunos foram informados sobre os objetivos do Momento 1 e sobre as duas atividades que seriam realizadas nesta aula, a dinâmica “Atividade com Imagens” (cf. APÊNDICE B) e o Problema P1 (cf. APÊNDICE C)

A dinâmica com as imagens teve o objetivo de introduzir o contexto do problema a partir de situações reais de interesse dos estudantes, a fim de mobilizá-los a desenvolver ações para a solução de questões e problemas sobre o tema Biogás e o conteúdo químico associado de maneira mais interativa.

Em seguida foi realizada a segunda atividade do momento 1, a apresentação e resolução de P1 (APÊNDICE C). Os alunos responderam a P1 de forma individual, entretanto, nos momentos 3 e 4, as respostas foram discutidas de maneira coletiva.

A atividade de resolução do P1 objetivou diagnosticar as concepções prévias dos alunos sobre alguns conceitos químicos envolvidos na produção de Biogás. Para analisar as respostas dos estudantes foi elaborado um espelho de resposta para cada questionamento de P1, com base no conhecimento químico (GOMES, 2014; CHERNICHARO, 2007). No Quadro 13 apresentamos o problema, os objetivos de cada questionamento de P1 e a descrição das categorias de análise: RS, RPS, RI e NR:

Quadro 13: Objetivo dos questionamentos e categorias de análises das respostas a P1

<p>Problema P1</p>	<p>Sabe-se que o aumento das concentrações de gases como CO₂, CH₄ e N₂O na atmosfera é um dos fatores responsáveis pelo agravamento do efeito estufa. Alternativas para a redução desses gases estão sendo utilizadas tanto na cidade quanto no campo, por meio da produção de Biogás. Nesse contexto, solicitamos que você descreva as etapas do processo de obtenção de Biogás. Qual seria a matéria-prima utilizada nesse processo? Há formação de novas substâncias, neste processo? Se sim, explique utilizando a linguagem/representação química. Qual a tecnologia envolvida na obtenção de Biogás?</p>
---------------------------	---

Objetivo das Questões de P1	Categorias de análise de P1
<p>Q1: Identificar se os alunos conhecem a matéria-prima envolvida no processo de obtenção de biogás exemplificando os tipos e sua procedência</p>	<p>RS: se responder que a matéria-prima para geração de biogás é a matéria orgânica ou resíduos orgânicos provenientes de resíduos de animais ou vegetais.</p> <p>RPS: se responder apenas que a matéria orgânica ou resíduos orgânicos são a matéria-prima sem citar a origem.</p> <p>RI: se responder que qualquer resíduo é a matéria-prima do processo de produção de biogás ou apresentar resposta sem relação com o solicitado.</p> <p>NR: se não respondeu</p>
<p>Q2: Analisar se os alunos conhecem o processo de biodigestão e as transformações químicas e biológicas que ocorrem.</p>	<p>RS: Se responder que sim e justificar que o processo ocorre por meio da biodigestão anaeróbia através da linguagem química dos reagentes e produtos.</p> <p>RPS: se apenas responder que sim e não apresentar justificativa.</p> <p>RI: se responder que não ou apresentar resposta sem relação com o solicitado.</p> <p>NR: se não respondeu</p>
<p>Q3: Analisar se os estudantes reconhecem a tecnologia de biodigestores ou digestão anaeróbia.</p>	<p>RS: Se responder que a tecnologia envolvida é o biodigestor ou através da digestão anaeróbia descrevendo o processo e fatores como a ausência de oxigênio, ambiente fechado e ação bacteriana.</p> <p>RPS: Se responder apenas responder biodigestor ou digestão anaeróbia sem justificar como o processo ocorre.</p> <p>RI: se apenas responder que a matéria orgânica é transformada em biogás sem apresentar justificativa ou resposta sem relação com o solicitado.</p> <p>NR: se não respondeu</p>

Fonte: elaborado pelo autor

Na análise das respostas, observamos que 2 alunos responderam de forma satisfatória o questionamento 1, sinalizando que compreendem que a matéria orgânica, quer seja de resíduos animais ou vegetais, é utilizada como matéria-prima para a produção de Biogás, como podemos observar na resposta de *AF*.

AF: “A matéria-prima utilizada no processo de obtenção do Biogás é a matéria orgânica, por exemplo: fezes, restos de comida”.

Essa mesma compreensão também fica evidente na resposta de *AJ*, quando menciona que resíduos sólidos dispostos em aterros sanitários e provenientes do lixo. Essas respostas indicaram grau de consciência (nível bom) e detalhamento (nível regular).

AJ: “Biogás pode ser extraído através de resíduos orgânicos e outras coisas, como exemplo, o lixo do aterro sanitário”.

Apesar de justificarem de forma satisfatória a ação pedida, eles apresentam um desempenho inicial frente à ação. Nesse sentido, suas respostas apontam para o nível regular quanto ao grau de percepção, consciência e independência. Os indicadores da ação variaram entre nível de desenvolvimento bom e regular, conforme síntese no Quadro 14:

Quadro 14: Indicadores qualitativos que emergiram da ação dos licenciandos

PROBLEMA P1			
Q1 Qual a matéria-prima utilizada nesse processo?			
Respostas dos Alunos	Categoria	Indicadores Qualitativos	Nível
AC: “A matéria-prima utilizada é a matéria orgânica”.	RPS	Grau de consciência	Regular
AD1: “Lixos, outros dejetos que podem gerar energia”	RPS	Grau de consciência Grau de detalhamento	Regular Regular
AF: “A matéria-prima utilizada no processo de obtenção do Biogás é a matéria orgânica, por exemplo: fezes, restos de comida”.	RS	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Regular
AJ: “Biogás pode ser extraído através de resíduos orgânicos e outras coisas, como exemplo, o lixo do aterro sanitário”.	RS	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Regular
AL: “O biogás é produzido com a deterioração da matéria orgânica”.	RPS	Grau de consciência Grau de detalhamento	Regular Regular
AN: “Para a obtenção de biogás precisará de um recipiente fechado, onde a matéria-prima será colocada, no caso matéria orgânica”	RPS	Grau de consciência Grau de detalhamento	Regular Regular
Total	2 RS – 4 RPS – 0 RI – 0 NR		
Q2 Há formação de novas substâncias nesse processo?			
Se sim, explique usando a linguagem química/representação química.			

Respostas dos Alunos	Categoria	Indicadores Qualitativos	Nível
AL: A matéria orgânica é produzida em CH ₄ em processo anaeróbio e CO ₂ e N ₂ O. Matéria Orgânica + fermentação → CO ₂ + CH ₄ + N ₂ O	RS	Grau de generalização Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Bom Bom
AN: MO + bactérias → CH ₄ + CO ₂ + H ₂ O + energia, onde MO = Matéria Orgânica	RS	Grau de generalização Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Bom Bom
AF Há formação de novas substâncias, mas não sei explicar quimicamente.	RPS	Grau de consciência	Regular
AC: Há formação de substâncias a partir da decomposição da matéria orgânica.	RPS	Grau de generalização Grau de consciência	Regular Regular
AJ:	NR	Grau de consciência	Insuficiente
AD1: Por ser um gás, supõe-se que serão liberados gases após os diversos processos para se formar biogás.	RPS	Grau de generalização Grau de consciência	Regular Regular
Total	2 RS – 3 RPS – 1 RI – 1 NR		
Q3 Qual a tecnologia envolvida na obtenção de Biogás?			
Respostas dos Alunos	Categoria	Indicadores Qualitativos	Nível
AC: A obtenção é feita a partir do Biodigestor, bactérias decompõem a matéria orgânica e esse processo libera gases que são armazenados.	RS	Grau de generalização Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Bom Regular
AF: Tecnologia nos biodigestores e na escolha da bactéria	RPS	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Regular

AN: Para a obtenção do Biogás precisará de um recipiente fechado, onde a matéria-prima será colocada, no caso a matéria orgânica, as bactérias anaeróbicas irão degradar a matéria orgânica, para produção de biogás metano (CH ₄) e CO ₂ e água	RS	Grau de generalização Grau de consciência Grau de detalhamento	Ótimo Ótimo Ótimo
AL: A tecnologia para a produção do biogás é realizada em aterros, onde se deixa resíduos dentro de um contêiner fermentando e se guarda esse gás para posterior uso.	RPS	Grau de generalização Grau de consciência Grau de detalhamento	Regular Bom Regular
AJ: O lixo do aterro pode ser tratado, e por fim através de tratamento anaeróbio, esse lixo é tratado e o gás metano é levado para um lugar que esqueci o nome e queimado e o CO ₂ é liberado através de umidade.	RPS	Grau de generalização Grau de consciência Grau de detalhamento	Regular Regular Bom
AD1:	NR	Grau de generalização Grau de consciência Grau de detalhamento	Insuficiente Insuficiente Insuficiente
Total	2 RS – 3 RPS – 0 RI – 1 NR		

Fonte: elaborado pelo autor

Quatro alunos responderam ao questionamento 1 de forma parcialmente satisfatória, apresentando uma compreensão mais genérica sobre a diversidade das matérias-primas para formação de biogás. Percebe-se nas respostas dos alunos AC, AD1, AL e AN que eles entendem que a matéria orgânica é a principal fonte para obtenção de biogás, mas não explicam sua origem. Nas respostas dos alunos AN e AL eles mencionam “deterioração” e “ambiente fechado”, revelando que eles conhecem algumas particularidades pelo qual a matéria orgânica é submetida. Percebemos que a maioria dos alunos apresentara um grau de consciência regular, dado que justificaram parcialmente o processo de resolução da tarefa, demonstrando, em alguns momentos, a escolha consciente de suas ações.

No questionamento 2 de P1, dois alunos (AL e AN) responderam de forma satisfatória, expressando a formação de novas substâncias por meio da dimensão representacional da linguagem química, por exemplo, quando representam a matéria orgânica passando por um processo de transformação de substâncias complexas em simples e quando usam a nomenclatura química para nomear as substâncias

participantes da reação. Suas respostas (AL e AN) sugerem um bom grau de consciência e generalização e grau regular detalhado da ação demonstrado pelo desempenho suficiente, compreensão da ação e poucas dúvidas quanto o que deveria ser realizado e resolução do que lhes foi solicitado com certa facilidade.

Seis alunos responderam positivamente para a ocorrência de formação de novas substâncias, entretanto, dois deles (AC e AF) não explicaram quimicamente quais reações acontecem, apresentando respostas parcialmente satisfatórias (cf. Quadro 14). Apesar de AC não representar as reações químicas como solicitado, este aluno reconhece que a transformação química acontece via “*decomposição da matéria orgânica*” utilizando a linguagem química para descrever a transformação. Assim AC atende parcialmente o objetivo do questionamento 2, o que aponta para o nível regular do grau de generalização e consciência. O aluno AF reconheceu que há formação de novas substâncias no processo, entretanto não soube representar quimicamente, seja pela via das reações ou termos químicos, o que revela um grau de consciência regular e um desempenho elementar, com dificuldades na realização da ação.

O aluno AD1 apresentou resposta parcialmente satisfatória baseado em Chernicharo (2007) quando afirma que o biogás é uma combinação de gases liberados no processo, expressa a representação e descrição química de forma elementar e genérica. O aluno AJ não respondeu essa pergunta, considerado, portanto, com grau de consciência insuficiente e pouca compreensão do que deveria ser realizado.

Com relação ao questionamento 3, dois alunos (AC e AN) responderam que a tecnologia envolvida no processo de obtenção de Biogás está relacionada ao biodigestor ou a digestão anaeróbia, sendo considerado tais respostas satisfatórias. AC apresenta um *bom* nível de generalização e consciência, o que sugere inferir que este aluno demonstrou compreender a ação, apresentou poucas dúvidas quanto ao que deve ser realizado, e resolveu o que lhe foi solicitado com certa facilidade. Para AN, o biogás é obtido em um ambiente fechado com ação de bactérias anaeróbias sobre a matéria orgânica, condição principal para formação de gases CH_4 e CO_2 , e a inexistência de oxigênio em recipiente selado. Essa resposta indica graus de consciência, generalização e detalhamento *ótimos* por demonstrar desempenho eficaz e eficiente, clareza das ações executadas e não demonstrar dificuldades na execução da ação.

O aluno *AF* respondeu de forma parcialmente satisfatória, entretanto, sua resposta revela um aspecto importante da produção de biogás, a *escolha da bactéria*, o que sugere inferir níveis distintos do grau de consciência e detalhamento (cf. Quadro 14) e um desempenho considerado suficiente por demonstrar compreender a ação.

A resposta do aluno *AL* expressa uma redução da tecnologia de produção de biogás ao local de disposição de resíduos sólidos, os aterros e ao escrever “*contêiner fermentando*” supõe-se que esteja se referindo ao processo de biodigestão (fermentação é uma das etapas deste processo). Sua resposta sugere grau de generalização e detalhamento nível *regular* e grau de consciência da ação em nível bom. Considera-se que *AL* demonstrou desempenho elementar frente à ação com base no nível dos graus de generalização e detalhamento e possíveis dúvidas e pouca facilidade ou clareza na execução da ação.

A resposta de *AJ*, por sua vez se assemelha a *AL*, com o diferencial que *AJ* mencionou “*tratamento anaeróbio*”, revelando que compreende a ausência de oxigênio como fator crucial da tecnologia envolvida, embora, apresente dificuldades ou lacunas de ordem conceitual, quando se refere a queima do biogás não como um processo de liberação de energia (combustão), mas ao fator umidade. Sua resposta aponta para o nível regular no grau de generalização e consciência e bom no de detalhamento. Esses níveis sugerem para *AJ*, um desempenho regular e pouca destreza na execução da ação. O aluno *AD1* não respondeu ao 3º questionamento de *P1*, indicando desconhecimento sobre os processos tecnológicos necessários à transformação de matérias-primas para a geração de biogás e pouca compreensão do que deve ser realizado.

A partir desta análise, podemos perceber que a maioria dos alunos apresentou um conhecimento inicial relacionado com a matéria-prima usada na produção de biogás, sobre as transformações químicas e a tecnologia envolvida no processo de obtenção do biogás e estabeleceram relações com momentos de vivências anteriores para executarem a ação.

Nesse sentido, o diagnóstico inicial permitiu identificar os níveis de partida dos alunos com relação aos conteúdos de hidrocarbonetos e sobre as reações químicas envolvidas na produção do biogás no problema, revelando graus de generalização, consciência e detalhamento variando de bom a regular em sua maioria, o que indica que eles compreenderam a ação, mesmo demonstrando, em algumas questões, dificuldades na sua execução.

A atividade de resolução de problemas permitiu que os alunos relacionassem seus conhecimentos prévios com situações reais (por meio de P1), que é fundamental para o processo de assimilação de novos conceitos científicos no contexto acadêmico. Vasconcelos e Almeida (2012) afirmam que o problema deve propiciar a expressão de concepções prévias, à elaboração de hipóteses (respostas iniciais ao problema) e a articulação com conhecimentos já aprendidos, além de incentivar a curiosidade e participação do aluno no processo de resolução.

A partir da análise das respostas aos questionamentos do problema P1 emergiram 6 respostas satisfatórias, 10 parcialmente satisfatórias, 1 insatisfatória e 1 não respondida. O Momento 1 também propiciou momentos de participação entre os alunos e alunos e professor, caracterizando uma atividade que contempla a dimensão pedagógica do conhecimento conforme Meheut e Psillos (2004). Por meio do problema P1, o professor pode promover uma aproximação inicial com os conceitos trabalhados e oportunizou reflexões sobre fontes de energia renováveis com os gases carbônico e metano. Essa aproximação se relaciona com a dimensão epistêmica, quando há uma conexão entre o mundo real (contextual) e o conhecimento científico (conceitual) (MEHEUT e PSILLOS, 2004; MEHEUT, 2005).

Segundo Correia *et al.* (2016) esse momento é dedicado à apreensão e compreensão do entendimento dos estudantes acerca do tema proposto, cabendo ao professor o papel de orientar a discussão, fomentar o debate, questionar os posicionamentos e instigar a curiosidade dos alunos.

4.2 ANÁLISE DAS ATIVIDADES DA SEA: ETAPAS DE ASSIMILAÇÃO COM BASE EM ASPECTOS DA TEORIA DE GALPERIN.

Essa etapa de análise está relacionada com o segundo objetivo específico de pesquisa: Analisar o percurso de assimilação de conceitos de hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas na produção de Biogás por licenciandos em Química de uma IES de Pernambuco, durante o desenvolvimento de uma SEA sobre Biogás com base no EABRP.

Inicialmente apresentamos a análise das produções dos alunos nas atividades realizadas na sequência com base nas etapas de assimilação da ação de Galperin. Em seguida buscou-se analisar o nível de desenvolvimento da qualidade da ação realizada pelos licenciandos a partir das atividades da SEA, a saber: forma da ação, grau de generalização, grau de consciência e grau de independência.

4.2.1 Etapa Motivacional

Embora a motivação seja um objetivo de longo prazo, esta etapa inicial ou etapa zero, visa encorajar os estudantes para assimilarem novos conhecimentos e procedimentos, estimular a motivação e mantê-la durante todo o processo de aprendizagem. A motivação significa que para ensinar algo a um aluno, ele precisa ter algum motivo para aprender.

O procedimento de ensino de Galperin garante que os alunos se envolvam com a tarefa de aprendizado e deem os primeiros passos dentro de sua ZDP com base em uma orientação ampla no objeto e nas condições de ação. (VIGOTSKY, 1987 apud ARIEVITCH e HAENEN, 2005).

A etapa de motivação esteve presente em alguns momentos da SEA, a saber: No momento 1: Por meio da criação do cenário contextualizado para resolução inicial do problema P1, o pesquisador lançou um desafio aos alunos: *Na próxima aula vamos ao laboratório. A aula terá como objetivo montar um biodigestor com materiais de baixo custo, para produção de biogás. Considerando a primeira pergunta do Problema P1, organizem-se em grupos de 2 ou 3, pesquisem, reflitam e tragam na próxima aula um tipo de matéria-prima que, de acordo com suas pesquisas e hipóteses, seja favorável a gerar a maior quantidade de biogás dentre os resíduos escolhidos. Façam suas previsões e vamos ver qual dos biodigestores vai gerar mais biogás.*

Os alunos fizeram alguns questionamentos em relação ao desafio sobre: o tipo de resíduo vegetal ou animal, a quantidade, o resíduo ser seco ou úmido. O professor esclareceu as dúvidas a partir do problema P1, quando retomou os questionamentos sobre a matéria-prima utilizada e quais as condições são as mais favoráveis quando se realiza uma /transformação/reação química (granulometria, superfície de contato, massa e umidade). A seguir, destacamos a fala do aluno AN:

“Acredito que o resíduo deve estar triturado pois auxilia a ação das bactérias. Acho que sementes e arroz produzem muito biogás”

Este comentário evidencia o intuito da etapa motivadora que foi o de despertar o interesse dos alunos sobre a temática do biogás, os fatores que influenciam sua produção e a articulação de conhecimentos prévios com situações novas e reais. Os alunos seguiram as instruções, formaram 4 grupos e trouxeram na aula do momento 2, diferentes tipos de resíduos orgânicos como parte do desafio. Consideramos que a

motivação esteve presente no engajamento dos alunos em realizar a ação a partir do desafio proposto.

Os momentos de criação do cenário do problema, somado ao diagnóstico inicial e ao desafio proposto permitiram ao pesquisador organizar atividades que proporcionassem aos alunos despertar o interesse e motivação para resolução do problema P1 e para novas aprendizagens. Isso corrobora com Nuñez (2009) e Araújo (2018) quando afirmam que o uso de problemas requer do aluno a aplicação de conhecimentos e habilidades em atividades envolvendo questões do cotidiano, fazendo a conexão entre o conhecimento científico e o cotidiano.

A atividade experimental aliada às questões sobre o experimento e visita de campo também contribuíram para promover a motivação, o interesse dos alunos e o engajamento necessário para mantê-los interessados ao longo das atividades da sequência. Nessa direção, Talízina (1988) destaca que o vínculo com o dia-a-dia permite aumentar a motivação do estudante, ao ver a aplicação prática de seus novos conhecimentos.

4.2.2 Etapa de Estabelecimento da Base Orientadora da Ação (BOA)

De acordo com Nuñez (1999), Galperin considera que quando os conteúdos se organizam de forma estruturada, isso oferece ao aluno um sistema adequado para a orientação da atividade a ser realizada. Assim, por meio da orientação, os conceitos fundamentais e gerais são assimilados pelos alunos de acordo com atividades que se resultam no conhecimento como um processo de construção. É o aluno que constrói seus conceitos, num processo de interação com o objeto a ser assimilado, de forma individual e coletiva, e das ideias previamente diagnosticadas.

Nesse estudo, a orientação para a assimilação de conceitos químicos no contexto do tema Biogás foi fornecida pelo professor pesquisador, que realizou todo o planejamento da sequência, a qual foi caracterizada como BOA tipo II (NÚÑEZ, 1999). Segundo este autor esse tipo de BOA possibilita um avanço rápido e com poucos erros, uma vez que as orientações são completas e os alunos as receberam prontas pelo professor, contudo o processo de generalização pode ser limitado.

Com esse tipo de orientação fornecida nas atividades da SEA, o professor proporcionou as condições necessárias para que os estudantes resolvessem o problema P1, realizassem a atividade experimental e resolução de questões, participassem da visita de campo e elaborassem a resposta final ao problema P1 por

meio da produção textual. Desde o primeiro momento da SEA, os alunos receberam as fichas ou mapa das atividades, com os objetivos, objeto e as condições necessárias para realizar as ações. A partir do segundo momento o pesquisador forneceu via internet as fichas com orientações para as aulas seguintes. No Quadro 15 apresentamos as principais ações e as operações realizadas pelos alunos nas atividades da sequência, caracterizada como BOA tipo II:

Quadro 15: Ações e Operações dos alunos nas atividades da SEA (BOA tipo II)

Ações	Operações
Reconhecer o problema proposto	Contextualizar a temática investigada; utilizar estratégias e mobilizar conhecimentos prévios para resolver o problema.
Identificar parâmetros físico-químicos envolvidos na produção de Biogás	Realizar a montagem de um biodigestor alternativo; simular a produção de biogás a partir de diferentes resíduos; refletir sobre os conteúdos de hidrocarbonetos (metano) e reações envolvidas na produção de Biogás
Responder questões e identificar os conceitos sobre o experimento	Mobilizar conceitos que envolvem o problema a partir de experimentos e pesquisa: hidrocarbonetos, reações químicas.
Observar e discutir os procedimentos de laboratório realizados no GRS que envolvem a produção de Biogás	Relacionar os modelos de biodigestores e identificar semelhanças entre os biodigestores montados na aula experimental; identificar potencialidades para aplicação no cotidiano/
Avaliar e Sistematizar os conceitos abordados na SEA	Especificar a composição química do biogás e as reações da fase metanogênica; relacionar os fatores que influenciam a produção de Biogás com as vantagens e desvantagens da tecnologia.

Fonte: elaborado pelo autor

A partir do Quadro 15, é possível perceber que as ações e operações se estabelecem como condições fundamentais para o desempenho bem-sucedido das atividades propostas. Compreende-se que o processo de elaboração e desenvolvimento da SEA baseada no EABRP e dimensões de Méheut (2005) dialogam metodologicamente com a proposta da etapa de Elaboração da Base Orientadora da Ação, pois possibilita a oportunidade do desenvolvimento de uma postura reflexiva e via tornar o aluno sujeito mais ativo no processo de ensino-aprendizagem. Além disso, a SEA deu ao professor uma visão mais ampla de todo o percurso percorrido pelo aluno na assimilação do conhecimento, possibilitando avaliar o nível inicial do conhecimento do aluno durante o processo para identificar as contribuições e possíveis equívocos e assim corrigi-los, e ao fim para buscar discernir

sobre as contribuições que a SEA trouxe para o desenvolvimento intelectual dos alunos.

Consideramos que o processo de elaboração das atividades, objetivos, ações e operações previstos para a SEA se assemelha com a característica de construção da BOA descrita por Delgado e Mendonza (2012) no sentido de que: Inicialmente, o pesquisador preparou a BOA das atividades considerando os conhecimentos prévios e os objetivos de ensino próximos da zona de desenvolvimento proximal (ZDP). Em seguida, o professor orientou os alunos através das fichas de atividade ou mapa de atividade, que continham os objetivos, ações e condições necessárias para a sua realização. Posteriormente, o aluno realizou as ações com a ajuda do professor. Em seguida, os alunos puderam explicar às ações e a atuação do professor diminuiu. Posteriormente, o aluno buscou transferir as ações (generalização) na resolução de novas atividades, visando uma automatização das ações e o aparecimento de representações mentais, como reflexo da transformação da atividade externa (material) para a atividade interna (psíquica) (DELGADO E MENDONZA, 2012).

A SEA, caracterizada como BOA II permitiu organizar o processo de ensino na forma material, a fim de possibilitar que os alunos tivessem contato com o objeto de conhecimento e sua representação. E também contribuiu para que os alunos se mantivessem motivados e interessados durante a execução das ações, desde a escolha da matéria orgânica ideal para uso na atividade experimental, as pesquisas realizadas na internet como auxílio para responder às questões do experimento e o acompanhamento dos resultados de produção de biogás durante duas semanas.

4.2.3 Etapa Material/Materializada

Em razão da complexidade e nível de abstração dos conceitos abordados, buscamos fazer uso de vários recursos e atividades com o intuito de possibilitar aos alunos uma aproximação entre os conceitos científicos e situações do cotidiano. Esses recursos e atividades foram considerados na análise como pertencentes à terceira etapa das ações mentais para assimilação de conceitos de acordo com Galperin: A etapa Material ou Materializada.

Esta etapa é o ponto de partida da ação mental que poderá ser formada e se caracteriza pela ação do sujeito sobre os objetos concretos, através da manipulação física, na presença desses objetos ou por meio de suas representações materiais como diagramas, mapas e imagens. Os alunos, organizados em pares ou grupos,

executam a ação monitorada pelo professor, o objeto da ação se mostra ao aluno em formato de objetos reais (forma material) ou em formato de modelos, esquemas e desenhos (forma materializada) (ARIEVITCH e HAENEN, 2005).

Dessa forma, foram identificadas e analisadas algumas atividades realizadas pelos alunos na SEA, as quais entendem-se que correspondem a parte material e materializada a saber: a realização de um experimento (APÊNDICE D), a atividade de resolução de questões (APÊNDICE E) sobre o experimento e a visita de campo ao Laboratório de Resíduos Sólidos, buscando identificar potencialidades de aplicação dos conceitos estudados (APÊNDICE F). Assim foram propiciadas possíveis representações contendo alguns aspectos essenciais dos objetos de assimilação no contexto de realização dessas atividades.

4.2.3.1 Atividade Experimental “Montagem de um Biodigestor em pequena escala feito com garrafa PET”

O momento 2 teve como objetivo compreender os conceitos químicos envolvidos na etapa metanogênica, identificar os parâmetros físico-químicos do processo de produção de Biogás, aprofundar algumas questões relativas à tecnologia dos biodigestores levantadas no problema P1, permitindo o confronto entre a própria experiência do aluno com situações concretas. Para isso, cada aluno recebeu uma ficha com o roteiro experimental (APÊNDICE D), o qual foi lido pelo professor antes da realização da atividade experimental. Respondendo ao desafio proposto, os alunos trouxeram as amostras de matéria orgânica para uso no biodigestor, considerando o tipo de resíduo a ser produzido, maior quantidade de biogás em iguais proporções, concentrações de resíduo, bactérias e água. O desafio contribuiu para estimular os estudantes a pesquisar e utilizar a criatividade na escolha dos resíduos orgânicos. Isto corrobora com Nuñez (2009) quando destaca a importância de tarefas que mantenham a motivação interna dos alunos durante todas as atividades relacionadas com os conceitos a serem assimilados por suscitar a curiosidade e o interesse dos alunos frente ao objeto de conhecimento.

Os alunos se dividiram em 4 grupos (G1, G2, G3 e G4) e cada um dos grupos utilizou um resíduo orgânico diferente, a saber: arroz (G1: AD1, AE, AJ), sementes de feijão (G2: AF, AN, AD2), macarrão (G3: AL, AM) e casca de banana (G4: AC, AT). O pesquisador realizou a montagem de um biodigestor sem resíduo para efeito de ilustração e posteriormente acompanhou a montagem de cada grupo. Nesse momento

foram tratados aspectos importantes para o sucesso do experimento como teste de vedação, caracterização da amostra, pesagem e trituração da matéria orgânica. O biodigestor construído pelo pesquisador com o uso de materiais alternativos despertou a curiosidade dos alunos em relação à combinação desses materiais e a possibilidade de reprodução na sua prática docente, como exposto pelo AN.

AN: “Que legal professor, usar material que ninguém dá nada por eles e transformar num biodigestor. Posso usar sua ideia nas minhas aulas?”

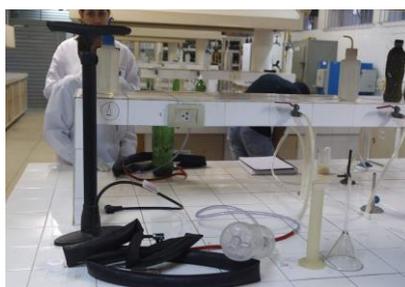
Em seguida cada grupo foi para uma bancada e realizaram a montagem do biodigestor conforme o roteiro e orientações fornecidas (cf. Figura 7 e 8). Por motivos de segurança e higiene os alunos usaram bata e luvas para manipulação do esterco bovino e mistura dos resíduos.

Figura 7: Leitura do roteiro



Fonte – Autor

Figura 8: Demonstração da montagem



Fonte – Autor

A forma da ação no plano material/materializado representada no experimento se estabelece no momento em que a ação se realiza. Primeiro, no plano do objeto de forma ativa, pois os alunos se relacionam com os próprios objetos e fenômenos da ação por meio de um processo dialético. Segundo, ao resolver as questões (discutidas na sessão a seguir) junto com os colegas e professor (plano da linguagem externa), a ação se liberta da dependência direta dos objetos e muda de forma, passando das

coisas (objetos materiais) para o raciocínio e reflexão desses objetos (GALPERIN, 2013).

Após a etapa de montagem foi entregue aos alunos uma ficha com questões sobre o experimento para resolução, as quais foram resolvidas e discutidas no momento 3.

4.2.3.2 Resolução de Questões sobre o Experimento

Nesse momento cada grupo apresentou suas respostas às questões sobre o experimento para a turma. Essa atividade buscou aprofundar a assimilação dos alunos sobre os conceitos de hidrocarbonetos (metano) e reações envolvidas na produção de Biogás e auxiliá-los na resolução final do problema P1.

Em seguida foram abordados através de uma aula expositiva dialogada: histórico do biogás, hidrocarbonetos (metano) e parâmetros e condições para obtenção de do Biogás.

Como fator de sucesso apontamos a abordagem dos conceitos científicos com a participação e envolvimento dos grupos de forma ativa na elaboração das respostas. O fato de expor as suas ideias para os colegas possibilitou aos alunos a percepção de seu próprio discurso e a importância do outro como parte do seu processo de aprendizagem. Como insucesso, destacamos a transmissão de várias informações em curto espaço de tempo.

4.2.3.3 Visita de Campo ao Laboratório de Resíduos Sólidos

O objetivo desse momento foi observar e discutir os procedimentos de laboratório realizados no GRS em relação a montagem, instrumentos, digestão anaeróbia, análise química do biogás e potencial energético do Biogás. Almejamos que os alunos consigam fazer a articulação do conteúdo visto nas aulas anteriores com a explicação dos especialistas durante a visita, o trabalho realizado no laboratório e as potencialidades das pesquisas realizadas no laboratório para aplicações no cotidiano.

A visita foi guiada por dois especialistas em biogás e mediada pelo pesquisador. Os alunos conheceram as instalações e os principais ensaios e pesquisas realizadas no laboratório em termos de produção de Biogás: Ensaios mecânicos e automatizados, as etapas da digestão anaeróbia, parâmetros físicos e

químicos importantes da produção de metano e análise de geração de biogás através de cromatografia gasosa. Eles tiveram a oportunidade de esclarecer dúvidas surgidas no momento da visita a partir de perguntas feitas aos especialistas, especialmente, na parte de visualização e quantificação da presença de metano.

Ao final da visita os alunos receberam uma ficha de Relatório de Visita de Campo (APÊNDICE F) para orientação da elaboração do relatório. Nesse roteiro foi pedido que os alunos fizessem um relatório na forma de produção textual, que buscasse contemplar o seguinte questionamento: *Argumente sobre como a pesquisa feita pelo GRS influencia na produção de Biogás, em nível prático e de forma eficiente. Para isso, compare com o experimento que você realizou no laboratório e as discussões feitas sobre este em aula.* Para responder a esse questionamento o aluno precisa comparar o experimento realizado no laboratório de ensino da universidade com os realizados no GRS apontando as semelhanças e diferenças em termos de melhorar a eficiência na produção e sobre a possibilidade de colocar isso em nível de grande escala.

Foi um momento em que eles fizeram perguntas e anotações referente aos tipos de biodigestores abordados em sala de aula (Momento 3) e as características comuns dos biodigestores de garrafa PET. Além do fator motivador interno, os alunos deram indícios de generalização do conteúdo assimilado na sala de aula, propondo melhorias para o biodigestor como controle de pH, agitação da matéria orgânica inoculada e meios para inibir interferentes à produção de metano como controle dos níveis de gás sulfídrico nos reatores.

Como sucesso esta atividade permitiu ao aluno o contato com a aplicação prática dos conteúdos aprendidos em sala de aula e execução de habilidades de análise, observação e criticidade. Diferente das aulas tradicionalmente realizadas em sala de aula, a aula de campo despertou o interesse e a curiosidade dos alunos e a promoção de uma maior interação aluno-aluno, alunos-professor e aluno-especialista. Como fator de insucesso pode-se apontar que nem todos os alunos entregaram o relatório de visita de campo.

4.2.4 Etapa de Formação da ação no Plano da Linguagem Externa: Resolução das Questões sobre o Experimento

Essa atividade possibilitou a integração dos conteúdos de hidrocarbonetos e parâmetros físico-químicos na produção de Biogás no contexto da atividade

experimental. A elaboração de respostas pelos alunos para as questões propiciou a vivência da etapa de formação da ação no plano da linguagem externa expressa de forma verbal e escrita. Verificamos que três momentos da SEA que destacam por contemplar a etapa do plano na linguagem externa, a saber: momento 3 (aulas 5 e 6), momento 4 (aulas 7 e 8) e momento 5 (aulas 9 e 10). Estes momentos indicam que o trabalho formativo realizado se deu mais no plano verbal, contemplam também a etapa motivacional e as ações realizadas no plano materializado, se caracterizam pelas fichas contendo questões e orientações para a resposta.

Para analisar as respostas dos estudantes foi elaborado um espelho de resposta, sendo construídas categorias de análise, (APÊNDICE E) para as seis questões com base no conhecimento químico (PEREIRA et al., 2015; KARLSSON et al., 2014; LUSTOSA e MEDEIROS, 2014). Tanto a atividade experimental quanto a resolução das questões foram realizadas em grupos denominados de: G1 (AD1, AE, AJ), G2 (AN, AF, AD2), G3 (AM, AL) e G4 (AC, AT). A análise focou na emergência dos indicadores qualitativos da ação, sua forma e seus graus e na identificação das categorias de análise durante o processo de assimilação de conceitos através das respostas dos alunos às questões. O indicador grau de independência não foi avaliado neste momento em virtude de os alunos executarem as tarefas em grupos, com o auxílio do pesquisador e fontes de pesquisa. A seguir apresentamos a descrição da análise por questão.

A Q1 “Descreva a composição do Biogás, utilizando a linguagem química”, teve como objetivo identificar a composição química do Biogás utilizando a representação/linguagem científica adequada. A ação prevista para Q1 foi: Descrever a composição do biogás utilizando sua representação. Três grupos responderam de maneira satisfatória. Inferimos que a resposta do G1 a Q1 representa o desenvolvimento da ação realizada por esse grupo (responder a Q1) no plano da linguagem externa (palavras) por meio do registro escrito. Parece que o G1 realiza a ação de forma consciente, uma vez que a resposta expressa está correta quanto à composição química do Biogás e a linguagem apresentada (fórmulas químicas) e corresponde à representação satisfatória usada na descrição das substâncias que constituem o Biogás (NUÑEZ e PACHECO, 1997). A seguir, apresentamos a resposta do G1:

G1: “A composição do biogás varia conforme o material a ser degradação e as condições químicas e físicas que influenciam no processo da biodigestão anaeróbia.

Em média os biogás é composto pela seguinte proporção de gases: Metano (CH₄): 55- 65%; Gás Carbônico (CO₂): 35 - 45%; Nitrogênio (N₂): 0 - 3%; Hidrogênio (H₂), Oxigênio e Gás Sulfídrico: 0 - 1%.”

De forma semelhante a G1, os grupos G3 e G4 apresentaram respostas consideradas satisfatórias e mostram indícios de compreensão (consciência) do objeto (composição do biogás) e de detalhamento, quando elencam os diferentes gases presentes no Biogás. Foram além do que foi pedido na questão, no que diz respeito a proporção de cada gás (G4) e alguns fatores que influenciam as diferentes proporções de gases presentes no sistema de biodigestores (G3). O grau de consciência é entendido como saber cumprir a ação associada ao objeto de estudo e saber fundamentá-la na forma verbal o seu cumprimento correto. Daí o grau de consciência ter uma relação com o grau de detalhamento da ação, pois os alunos identificaram e descreveram corretamente a ação em todos os seus componentes, operações, condições e estratégias. A seguir, apresentamos as respostas de G3 e G4:

G3: “O biogás é composto de CH₄ (Metano), CO₂ (Dióxido de Carbono), H₂S (gás sulfídrico), H₂O (água), N₂ (Nitrogênio), O₂ (Oxigênio), H₂ (Hidrogênio), porém a proporção de cada um desses gases na mistura vai depender das bactérias presentes no sistema.”

G4: “Composição do Biogás: CH₄ variando entre 40% e 85%; CO₂ variando entre 20% e 35% outros gases variando entre 2% e 6%.”

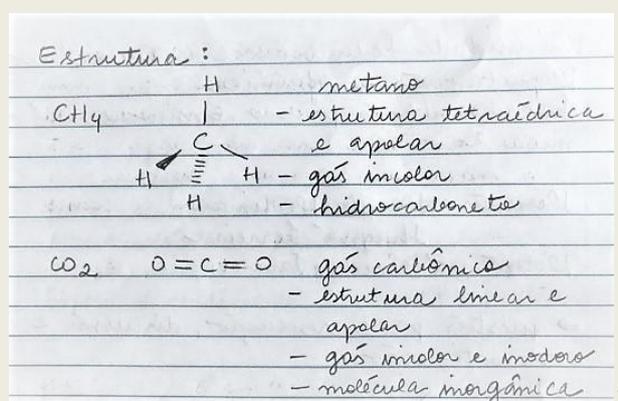
De modo diferente, o G2 afirmou que o biogás é constituído apenas por metano (CH₄) sem levar em consideração outros gases que o compõem. *G2: “CH₄ (metano)”*. Consideramos essa resposta incompleta (RPS), o que pode indicar um baixo grau de consciência e detalhamento na qualidade das ações realizadas na atividade, e que essas ações foram formadas predominantemente no plano material (o grupo compreende as instruções do roteiro experimental). Além de expressar pouca compreensão do conhecimento químico articulado a ação, mas certo domínio do conhecimento procedimental relacionado à montagem dos materiais para colocar o biodigestor em funcionamento.

A Q2 teve como objetivo compreender aspectos químicos relativos ao principal composto químico que constitui o Biogás. As ações dos alunos foram: Definir e representar a estrutura geométrica do componente principal do Biogás e identificar a função química do principal constituinte do Biogás. Todos os grupos apresentaram

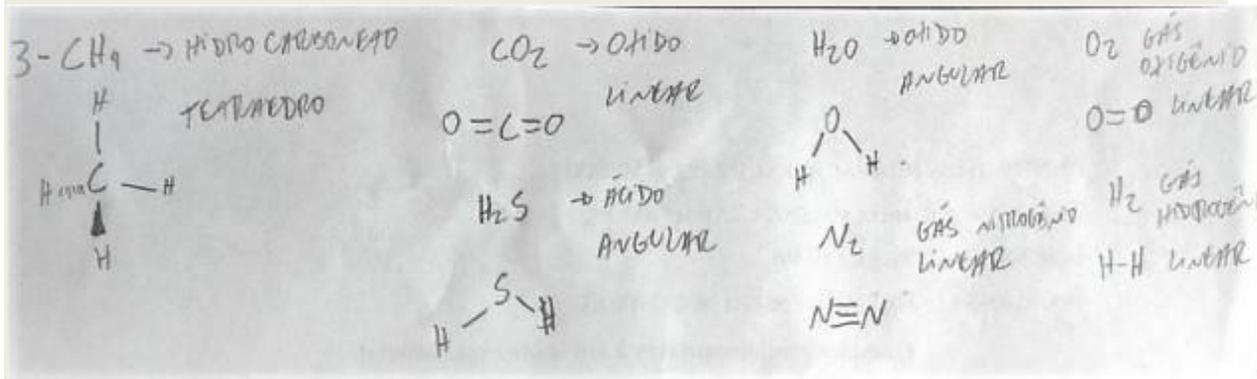
respostas satisfatórias (RS), pois representaram quimicamente os compostos presentes no biogás, identificando a função química e mostrando a estrutura geométrica destes compostos. O intuito dessa questão era trazer a representação materializada trabalhada no ensino e aprendizagem de química. A linguagem representacional na química articula aspectos da modelagem dos conceitos químicos, que são conceitos abstratos. Os símbolos exercem um papel de reprodução da realidade para a formação do pensamento teórico, por meio da reprodução das propriedades dos objetos que a compõem e não por meio da própria natureza do objeto (MARCELINO JR, 2014).

Analizamos também acerca dos graus de generalização e consciência observando se os alunos conseguiram aplicar a orientação para resolver as variantes da questão proposta e se os alunos justificaram de forma coerente o processo de resolução da questão. Desse modo, percebe-se que as resposta dos grupos indicam um grau de generalização de nível bom (02) uma vez que conseguiram aplicar corretamente os conhecimentos apreendidos às diversas situações apresentadas e um grau de consciência regular (01), apresentando dificuldades, pois não seguiram uma ordem coerente no processo de resolução, traspassando algumas etapas, por exemplo, a de definição dos compostos orgânicos presentes no Biogás, demonstrando não ter plena consciência de suas ações. Apresentamos as respostas dos grupos 3 e 4 a seguir:

G3: *“Biogás é um gás renovável que deriva da matéria orgânica, e que serve como recurso energético, para aproveitar gases poluentes de resíduos.*



G4:



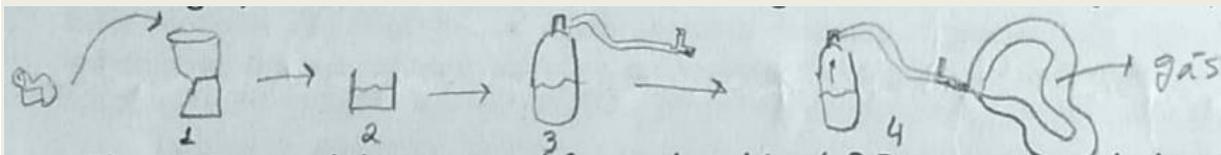
Para Q3, o objetivo foi representar as etapas de produção de Biogás. Tivemos como ação dos alunos: Elaborar um esquema gráfico que represente adequadamente as etapas de produção do Biogás e sua utilização. As respostas de todos os grupos foram consideradas satisfatórias (RS) ao passo que representaram através de um diagrama ou desenho as principais fases da digestão anaeróbia, tomando por base o experimento realizado. Organizar as ideias e conceitos através de diagramas e desenhos pode auxiliar os alunos no processo de controle de fenômenos e a busca de explicações causais produzidas por elas, além da captação dos significados relativos aos objetos e aos acontecimentos investigados na atividade prática (MENDONÇA, CORDEIRO e KILL, 2014).

G1 apresentou um diagrama com a exposição dos principais momentos da digestão anaeróbia, numa visão mais micro e evidenciando os principais processos químicos e biológicos que ocorrem dentro do biodigestor. Por outro lado, G2 fez um desenho focado numa visão mais macro do processo, desde a entrada de amostra até a saída de biogás. Apresentamos os diagramas/desenhos dos G1 e G2 a seguir.

G1:



G2:



Onde: 1) preparação de amostra 2) amostra pronta 3) hidrólise e fermentação 4) metanogênese 5) obtenção de biogás

Entendemos que as representações, seja por equações ou diagramas oferecem condições para que o aluno resolva as situações propostas e vá se apropriando de um sistema de conceitos e procedimentos, envolvendo as características dos hidrocarbonetos e da explicação sobre os fatores que influenciam as reações no biodigestor.

Em relação à Q4, os objetivos foram identificar a etapa de formação do Biogás em seu processo de obtenção e representar as reações envolvidas na fase de obtenção de Biogás. Tivemos como ação dos alunos: Descrever a etapa na qual o Biogás é produzido e utilizar linguagem química para descrever as reações que ocorrem na etapa de formação do Biogás

Dois grupos (G3 e G4) apresentam respostas consideradas satisfatórias (RS) e 2 grupos (G1 e G2) de maneira parcialmente satisfatória (RPS). Os alunos identificam dentre as fases da biodigestão a metanogênese como a etapa de formação de metano (CH_4) e mostram as reações químicas presentes nesta etapa:

G3: “Na etapa da metanogênese é onde ocorre a formação do metano, principal produto do biogás, as reações a seguir mostra esse processo pela via do acetato e redução de CO_2 : Metanogênese hidrogenotróficas: $\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ e Metanogênese acetoclástica: $\text{CH}_3\text{COO}^- \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$.”

G4: “O biogás é formado no processo de metanogênese. As bactérias anaeróbicas consomem os compostos orgânicos formados da etapa da acetogênese, transformando-os em metano. $3\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$.”

A partir da análise das respostas de G3 e G4 observamos presença de grau de consciência e detalhamento de nível bom, uma vez que justificam de forma coerente e completa a representação química das reações envolvidas. Isso fica evidente quando elucidam para a turma que biogás também é formado pela redução do acetato e pela redução de CO_2 . Estes exemplos demonstram um nível satisfatório de detalhamento de acordo com o processo de assimilação do conteúdo. Segundo Talízina (1988) as ações enquanto material devem se estabelecer de forma detalhada

para que ao chegar à etapa mental se reduza automatizando as operações de forma consciente, permitindo ao estudante agir com rapidez na resolução das tarefas.

No entanto, G1 e G2 respondem de maneira incompleta, visto que usa termos gerais tanto na explicação quanto na representação química, evidenciando graus de consciência e detalhamento de nível regular.

G1: “A digestão anaeróbica pode ser definida como um ecossistema onde diversos grupos de microrganismos trabalham interativamente na conversão da matéria orgânica complexa nos gases presentes no Biogás.”

G2: “Na etapa 4 da questão anterior, MO + bactérias → CH₄(g) + CO₂(g) + resíduo sólido orgânico.”

A partir da análise dessas respostas visualizamos os avanços rápidos alcançados em relação a percepção/assimilação dos alunos pertencentes a G1 (AD1 e AJ) e G2 (AF e AC) sobre os aspectos de composição do biogás e transformação físico-química que ocorrem no processo de produção quando comparamos com o momento inicial da SEA. Podemos justificar esse avanço devido a BOA tipo II, que possibilita um avanço rápido e com poucos erros, uma vez que as orientações são completas e os alunos a recebem já prontas pelo professor.

A Q5 traz de volta o desafio proposto na Atividade 3 no qual pedimos que os alunos façam uma previsão, baseado no conhecimento químico sobre qual resíduo orgânico (arroz, sementes de feijão, macarrão e casca de banana) é esperado produzir maior quantidade de Biogás. Tivemos objetivo dessa questão o de Conhecer as características dos resíduos orgânicos que influenciam no rendimento do Biogás produzido. Tivemos como ação dos alunos: identificar e descrever características de resíduos orgânicos (matéria-prima) que influenciam no rendimento na produção de Biogás

No momento da sistematização dessa questão, o pesquisador explicou que nos estudos sobre biogás, não é conhecido exatamente qual o melhor ou mais eficiente material orgânico para produção de biogás, mas a combinação das variáveis e condições específicas (temperatura, pH, temperatura, tamanho das partículas, presença de nutrientes e a relação carbono e nitrogênio) indicará que um produto seja mais viável ou não para produção de metano (ARVANITOYANNIS; VARZAKAS, 2002). O pesquisador não revelou aos alunos qual dos resíduos orgânicos seria o mais provável a gerar maior quantidade de biogás. Isso porque o objetivo era aumentar a curiosidade dos estudantes e a motivação deles em relação ao processo

de ensino e aprendizagem. No espelho de resposta (cf. APÊNDICE E) apresentamos a resposta esperada baseada nas pesquisas de potencial de biogás.

O G1 antecipa que o resíduo de casca de banana vai gerar mais biogás porque contém mais biomassa. Nesse caso, o grupo entende que “biomassa” está relacionado a quantidade de material orgânico degradável. G4 explica que a eficiência de produção será maior com casca de fruta (banana), pois contém menos fibras e por serem estruturalmente menores. Essas respostas revelam indícios de assimilação do objeto de estudo em termos de generalização - G1 (01) e G4 (02) - e consciência - G1 (01) e G4 (02) - pois relacionam em parte os fatores que influenciam a produção de biogás a situações diferentes, bem como são, em parte, capazes de realizar a ação e explicar verbalmente o que está fazendo. Para G4, verificamos ainda um sutil grau de detalhamento (01) em termos de descrição dos motivos pelo qual casca de fruta produziria mais biogás do que os outros resíduos. Consideramos as respostas dos grupos como RPS.

G1: “Supondo que o biodigestor que contém banana como resíduo, contém mais biomassa (que ajuda a formar o biogás), tem que esse será o biodigestor com melhor produção.”

G4: “Espera-se que há uma quantidade maior de biogás no biodigestor que contenha casca de fruta, porque há um rendimento maior em resíduos orgânicos que contém menos fibras e são estruturalmente menores. Macromoléculas, por exemplo, levam mais tempo para ter rompimento de ligações. Espera-se um rendimento maior das frutas.”

G2 e G3 não apontaram quais resíduos orgânicos teriam maior probabilidade de produzir biogás, apesar de indicarem aspectos válidos para biodigestão, como a escolha do inóculo e a composição da matéria orgânica. Essas respostas nos mostram graus de assimilação do objeto de estudo em termos de generalização – G2 (01) e G3 (01) - e consciência – G2 (01) e G3 (01) - pois relacionam em parte os motivos para escolha do resíduo orgânico, explicando de forma genérica, porém consegue transpor o conhecimento aprendido as novas situações, e são em parte, capazes de realizar a ação e explicar verbalmente o que está sendo pedido na questão:

G2: “Irá produzir mais no esterco (inóculo) que tiver matéria orgânica mais favorável ao desenvolvimento bacteriano.”

G3: “Os diferentes resíduos são todos ricos em macromoléculas orgânicas como carboidratos, lipídeos e proteínas, que são facilmente biodegradados, além de ter também vários minerais e metais pesados.”

Para a Q6, o objetivo foi compreender a função do esterco bovino na produção de Biogás. A ação dos alunos foi: Descrever a função do esterco no processo de produção do Biogás. Todos os grupos respondem de forma satisfatória (RS) indicando a função do esterco bovino como inóculo e fonte de bactérias anaeróbias consumidoras de matéria orgânica, apresentando graus de consciência e detalhamento bom (02). Apresentamos as respostas de G1 e G4 a seguir:

G1: “O esterco bovino contém as bactérias anaeróbicas essenciais para formação do biogás. Não só o bovino, mas também de outros animais, liberam dióxido de carbono e metano principalmente.”

G4: “É utilizado como inóculo, pois há microorganismos que têm como papel fazer a digestão da matéria orgânica do meio utilizada e promover as reações químicas até que o biogás seja formado.”

A partir da análise das respostas dos alunos, podemos verificar que os alunos atingiram um grau de generalização de nível regular a bom na etapa de forma da ação no plano material, uma vez que eles conseguiram aplicar de maneira elementar e suficiente as orientações contidas na Ficha da Atividade Experimental e de Resolução de Questões sobre o Experimento. Ressaltamos a importância da orientação para o processo de ensino-aprendizagem, favorecendo uma adequada generalização dos conteúdos, mesmo quando a ficha de orientação não é elaborada em conjunto com os alunos. Percebemos que do ponto de vista científico, os alunos demonstraram ter compreendido as especificidades dos conceitos investigados, estabelecendo relações entre as propriedades macroscópicas da biodigestão e suas características microscópicas, composição e fatores influenciadores de formação de biogás. Verificamos que durante a etapa de montagem do biodigestor, a maioria dos alunos expressaram através da linguagem externa verbal observações, dúvidas e comentários acerca da montagem e dos materiais atípicos utilizados no experimento. Ressaltaram que esses materiais poderiam ser utilizados em outros experimentos e como protótipo para uso escolar e residencial.

De forma geral, os grupos atingiram um grau de detalhamento elementar e suficiente nas questões onde era esperado delinear de forma desdobrada o significado e representações científicas. A partir do detalhamento das ações os alunos

têm condições de realizar uma ação de forma mais consciente, justificando o porquê e para que em suas respostas.

Na atividade 4 de resolução das questões do experimento, a maioria indicou nas respostas que o processo de transformação de matéria orgânica em biogás acontece por via de digestão anaeróbia, dissertam sobre a tecnologia envolvida no processo e representam os compostos orgânicos e os fatores físicos e químicos que contribuem para o sucesso da biodigestão. Percebemos, assim, a importância da realização do experimento, de forma a possibilitar aos alunos a visualização do fenômeno investigado, a reflexão sobre suas concepções iniciais e conteúdo científico aplicado aos fenômenos.

Os grupos de forma geral conseguiram relacionar os diferentes fatores que influenciam a formação de biogás com os tipos de reações químicas de hidrólise, fermentação e oxidação anaeróbia, explicando, dessa forma, o fenômeno observado a nível microscópico, manifestando um grau de generalização satisfatório ao relacionar o que foi observado no experimento com as situações particulares do conteúdo científico e a utilização de biodigestores em escalas maiores de produção. Isto nos dá indícios de que a ação no plano material vai aos poucos sendo internalizada e passa ao plano mental da ação.

No processo de resolução das questões, especificamente as Q2, Q3 e Q4, os alunos compreenderam e seguiram uma lógica de resposta abrangendo os aspectos da questão. Essas questões foram respondidas na ficha de questões e expressas na forma da linguagem verbal externa, possibilitando detalhamento e por consequência um grau de consciência nas respostas.

As ações enquanto material precisam ser feitas de forma detalhada, automatizando as operações de forma consciente, justificando de maneira satisfatória, mas também explicando suas escolhas às ações realizadas. Desse modo, nas Q5 e Q6, os grupos responderam de forma satisfatória justificando a escolha da matéria orgânica, compreendendo que materiais que contêm uma relação carbono-nitrogênio maior são mais favoráveis de obter mais biogás, além de considerar fatores como pH, temperatura, a presença de nutrientes e sobretudo a razão pelo qual o inóculo a partir do esterco bovino foi utilizado, mostrando um entendimento do que e para que foi feito.

No Quadro 16 apresentamos os resultados obtidos na Resolução das Questões do Experimento:

Quadro 16: Resultados da Resolução das Questões

Resolução das Questões sobre o Experimento (Atividade 4)				
Resultados de Indicadores Qualitativos				
Questões	Grupos	Indicador Avaliação	Indicadores Qualitativos	Nível
Q1 Descreva a composição do Biogás, utilizando a linguagem química.	G1	RS	Consciência	Bom
	G3		Detalhamento	Bom
	G4			
	G2	RPS	Consciência Detalhamento	Regular Regular
Total		3 RS – 1 RPS – 0 RI – 0 NR		
Q2 Para o Biogás, solicitamos que você: defina, represente sua estrutura geométrica, e identifique a que função química este pertence	G1	RS	Generalização	Bom
	G2			Regular
	G3		Consciência	
	G4			
Total		4 RS – 0 RPS – 0 RI – 0 NR		
Q3 Faça um desenho/diagrama representando as principais etapas do processo de obtenção de Biogás, desde a entrada de resíduos orgânicos até a utilização do produto obtido.	G1	RS	Generalização	Bom
	G2		Consciência	Bom
	G3			
	G4			
Total		4 RS – 0 RPS – 0 RI – 0 NR		
Q4 Em qual das etapas é formado o biogás? Represente quimicamente as reações envolvidas nesse processo	G1	RPS	Consciência	<i>regular</i>
	G2	RPS	Detalhamento	<i>regular</i>
	G3	RS	Consciência	<i>bom</i>
	G4	RS	Detalhamento	<i>bom</i>
Total		2 RS – 4 RPS – 0 RI – 0 NR		

Q5 Considerando que utilizamos diferentes resíduos orgânicos no experimento, em qual dos biodigestores espera-se uma maior produção de Biogás? Justifique sua resposta.	G1	RPS	Generalização	Regular
	G2	RPS	Consciência	Regular
	G3	RPS		Regular
	G4	RPS	Generalização Consciência Detalhamento	Bom Bom Regular
Total		0 RS – 4 RPS – 0 RI – 0 NR		
Q6 Explique a função do esterco bovino no processo de produção de Biogás.	G1	RS	Consciência	Bom
	G2	RS	Detalhamento	Bom
	G3	RS		
	G4	RS		
Total		4 RS – 0 RPS – 0 RI – 0 NR		

Fonte: elaborado pelo autor

4.2.5 Etapa de Formação da ação no Plano da Linguagem Externa: Relatório de Visita de Campo

Esta atividade possibilitou a articulação do conteúdo visto nas aulas anteriores por meio da exposição dos especialistas durante a visita, o trabalho realizado no laboratório e as potencialidades das pesquisas realizadas para aplicações no cotidiano, a fim de avaliar o grau de generalização, detalhamento, consciência e independência.

Ao final da visita os alunos receberam uma ficha de Relatório de Visita de Campo (cf. APÊNDICE F) no sentido de atender o objetivo de aprendizagem da aula. Para tal foi pedido que os alunos entregassem na aula seguinte um relatório na forma de texto corrido com o seguinte questionamento: *Discuta e argumente sobre como a pesquisa feita pelo GRS pode influenciar na produção de Biogás, em nível prático e de forma mais eficiente, levando em consideração o experimento realizado em sala de aula e as discussões feitas em sala.*

Participaram da visita 8 (oito) alunos no total, porém apenas 5 alunos entregaram o relatório de visita, portanto os alunos AC, AD1 AJ, AF e AN. Os relatórios foram analisados segundo critérios pré-estabelecidos considerando o objetivo de aprendizagem.

Apresentamos os indicadores de análise do relatório como Resposta Satisfatória (RS), que indica respostas adequadas; Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS), que indica respostas parcialmente adequadas; Resposta Insatisfatória (RI), que corresponde a respostas inadequadas e (NR), que não respondeu à questão. Para análise do relatório descrevemos as ideias centrais dos alunos registradas nos relatórios as quais são apresentadas no Quadro 17.

Quadro 17: Ideias centrais e indicadores de análise para Relatório de Visita

Ideias centrais	Descrição dos indicadores de análise
1 O GRS	<p>RS: Descrever a relevância do laboratório nas pesquisas com biogás e tratamento e disposição de resíduos sólidos como aproveitamento energético (3)</p> <p>RPS: Descrever, em parte, a relevância do laboratório nas pesquisas com biogás e tratamento e disposição de resíduos sólidos como aproveitamento energético</p> <p>RI: Não descrever a relevância do laboratório nas pesquisas com biogás e tratamento e disposição de resíduos sólidos como aproveitamento energético ou apresentar resposta sem relação com o solicitado.</p> <p>NR: se não respondeu</p>
2 Etapas de produção de Biogás	<p>RS: Organizar as etapas segundo: Preparação da amostra (4), inóculo adequado (4), condições pré-produção (3), ensaio anaeróbio (4), fatores físico-químicos de controle (4)</p> <p>RPS: Organizar, em parte as etapas segundo Preparação da amostra (4), inóculo adequado (4), condições pré-produção (3), ensaio anaeróbio (4), fatores físico-químicos de controle (4)</p> <p>RI: Não organizar as etapas segundo Preparação da amostra (4), inóculo adequado (4), condições pré-produção (3), ensaio anaeróbio (4), fatores físico-químicos de controle (4) ou apresentar resposta sem relação com o solicitado.</p> <p>NR: se não respondeu</p>
3 Análise de Biogás	<p>RS: Identificar os processos de análise do potencial de geração de metano e técnicas de análise como cromatografia e fluxo hidráulico (3)</p> <p>RPS: Identificar, em parte, os processos de análise do potencial de geração de metano e técnicas de análise como cromatografia e fluxo hidráulico (3)</p> <p>RI: Não Identificar os processos de análise do potencial de geração de metano e técnicas de análise como cromatografia e fluxo hidráulico (3)</p> <p>NR: se não respondeu</p>

Ideias centrais	Descrição dos indicadores de análise
4 Relação pesquisa X experimento	<p>RS: Comparar as fases de produção de biogás no experimento realizado no em sala com os ensaios realizados no laboratório de GRS, mostrando semelhanças e diferenças entre eles (1)</p> <p>RPS: Comparar, em parte, as fases de produção de biogás no experimento realizado no em sala com os ensaios realizados no laboratório de GRS, mostrando semelhanças e diferenças entre eles</p> <p>RI Não comparar as fases de produção de biogás no experimento realizado no em sala com os ensaios realizados no laboratório de GRS, ou apresentar resposta sem relação com o solicitado.</p> <p>NR: se não respondeu</p>

Fonte: elaborado pelo autor

Considerando os dados obtidos dessa atividade, verificamos que as respostas foram satisfatórias para a maioria dos critérios. Os alunos conseguiram evidenciar os principais aspectos da visita de campo, articulando os conteúdos das aulas anteriores (hidrocarbonetos, fatores que influenciam a produção de biogás e aspectos sociais e econômicos) com as informações fornecidas pelos especialistas e durante a visita, resolvendo as tarefas de acordo com as orientações da ficha de relatório de visita (cf. APÊNDICE F).

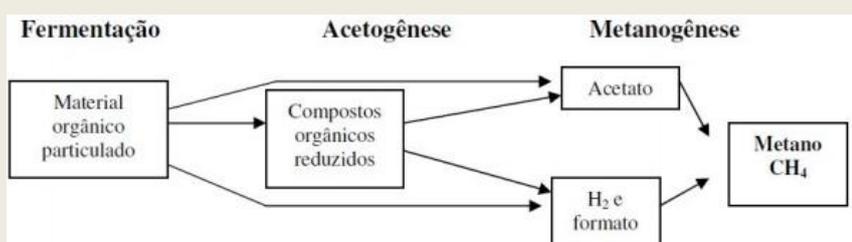
Na análise dos relatórios, observamos que para as ideias centrais 1, 2 e 3, todos os alunos consideraram os itens presentes na ficha do relatório, o que nos leva a presumir a eficácia da organização da atividade e dos materiais utilizados. O relatório de visita de campo nos permitiu identificar também os parâmetros qualitativos da ação. Os graus de consciência e detalhamento foram contemplados, variando de bom a bom/regular respectivamente. Os alunos são capazes de realizar a ação de forma consciente ao explicar verbalmente o que estão fazendo além de conhecer porque se realizam as ações, no entanto, demonstram desempenho elementar frente ao detalhamento da ação, aparentando possíveis dúvidas e pouca facilidade ou destreza na execução da ação.

Na análise para as respostas da ideia central 3, observamos que apenas AC respondeu de forma insatisfatória, pois não mencionou os parâmetros de análise de biogás utilizados pelo laboratório, como cromatografia e fluxo hidráulico. Essa resposta indicou grau de consciência (nível insuficiente) e detalhamento (nível insuficiente) na ação realizada, uma vez que não resolve o que é solicitado por não ter clareza de algumas situações.

Em relação a ideia central 4, verificou-se que apenas AN contemplou de forma satisfatória a ação de articular as informações obtidas na visita com o experimento realizado em sala de aula, mostrando as similaridades entre os biodigestores montados na aula os vistos no laboratório, ressaltando a contribuição da visita para o estudo tanto prático como teórico realizado em sala de aula e a importância desse tipo de atividade na formação inicial do professor de química.

Observou-se uma evolução do aluno AN na compreensão conceitual sobre a formação de Biogás na fase metanogênica, quando comparamos com a resposta simplista e genérica dada a esta questão na resolução das questões do experimento (Atividade 4). Aqui, AN esclarece que as vias de formação de metano e gás carbônico na fase metanogênica ocorrem de duas formas, pelas vias de redução do acetato e redução de CO_2 e não apenas por uma via única como respondido anteriormente. Sua resposta aponta para o caráter detalhado, grau de consciência, grau de independência no nível bom, pois mostra compreender a ação, entende o que deve ser realizado e resolve a ação com certa facilidade. Apresentamos a seguir a explicação de AN para a ideia central 4.

AN: “A matéria orgânica passa por fases de degradação como hidrólise, acetogênese e metanogênese. Como mostra a figura abaixo:



Esta resposta sugere um tímido movimento do plano material para o mental em suas ações. Segundo Galperin (2001), na medida em que ação deixa de ser executada no plano material, passando a ser executada no plano verbal, os alunos passam a adquirir maior consciência das ações realizadas, bem como um maior grau de generalização pode ser observado no momento em que as ações passarem a ser executadas no plano mental. Como exemplo dessas situações apresentamos no Quadro 18 algumas respostas fornecidas pelos alunos:

Quadro 18: Ideias centrais e trechos de respostas dos alunos nos relatórios

Ideias centrais	Trechos de respostas dos relatórios
O GRS	<p>AD1: “O GRS envolve projetos na área de gestão e tratamento dos resíduos sólidos urbanos, incluindo novas tecnologias de tratamento, bioenergia e tratamento energético de biogás e materiais recicláveis...”</p> <p>AJ: “O Laboratório de Resíduos Sólidos da UFPE envolve projetos na área de gestão e tratamentos dos resíduos sólidos urbanos, incluindo novas tecnologias de tratamento, bioenergia e aproveitamento energético de biogás.”</p>
Produção de Biogás	<p>AF: “A produção de biogás em laboratório permite controlar fatores como pH, inóculo, substrato, umidade, agitação e outros fatores que podem influenciar na geração de biogás. A preparação da amostra começa da escolha do inóculo e do substrato. Muitos tipos de substratos e inóculos diferentes podem ser utilizados, dependendo da escala e eficiência desses compostos.</p>
Etapas de produção de Biogás	<p>AC: “O biogás passa por diversas etapas para ser produzido, desde a entrada de resíduos até o produto final. As transformações podem ser bem analisadas através de microrganismos através do inóculo (resíduo orgânico). Desde a entrada de resíduos sólidos (moléculas grandes e complexas) até a saída de CH₄, o processo de digestão já está ocorrendo. Reações orgânicas vão sendo desenvolvidas para que cada etapa seja realizada com o máximo de sucesso possível, de acordo com as condições físico-químicas pré-estabelecidas em metodologias, que evita principalmente a possível característica corrosiva, que deve ser feito eliminando ácido sulfídrico, tratando-o...”</p>
Análise dos resultados	<p>AJ: “No GRS eles usam um tipo de reator chamado Potencial Bioquímico de Metano (BMP)...é possível quantificar e qualificar CH₄ e CO₂ através de cromatografia ou fluxo hidráulico...Foi mostrado tipos de reatores produzidos pelo próprio GRS. Alguns deles tem um manômetro que registra a pressão interna e reatores anaeróbios verticais e horizontal. Esses reatores podem analisar diferentes tipos de biomassa, sendo de alimentação contínua ou batelada...”</p>
Relação pesquisa X experimento	<p>AN: “A pesquisa realizada no laboratório contribui para o estudo tanto prático como teórico realizado em sala de aula. O experimento do biodigestor de certa forma tem os mesmos princípios de quaisquer outro, mesmo os do laboratório, só que em melhor complexidade. Sendo assim o futuro professor tem uma melhor formação inicial a respeito de uma abordagem CTSA e como aplicá-la no ensino básico, bem como tem importância para a conscientização do professor para as questões energéticas e ambientais sempre em voga na mídia e no dia a dia.”</p>

Fonte: elaborado pelo autor

De modo geral, os relatórios foram curtos e as informações menos detalhadas com uso de esquemas e desenhos para relatar os procedimentos e fases da visita. Não consideramos isso como uma desvantagem no desenvolvimento da atividade, mas como um processo esperado, uma vez que, segundo Nuñez (2009) os estudantes, à medida que vão realizando as atividades propostas começam a

desenvolver as tarefas de forma menos detalhada e mais consciente. No entanto, o grau de generalização esperado para essa atividade foi considerado como insuficiente, visto que os alunos, com exceção de *AN* não responderam a ideia central 4, demonstrando não ter clareza de algumas situações e falta de engajamento em relação ao a importância do relatório de visita e objetivo da aula.

Nas atividades que envolveram a visita de campo pode-se constatar que ao longo das etapas de formação das ações, os alunos apresentaram avanços quanto ao nível de compreensão dos conceitos de metano e das reações químicas envolvidas na produção de biogás. Eles passaram a considerar as características que estão a nível microscópico, concebendo essas como essenciais para o procedimento da definição de conceitos.

No Quadro 19 apresentamos uma síntese dos indicadores de avaliação e qualitativos e nível da ação dos alunos na elaboração do relatório da visita de campo.

Quadro 19: Indicadores qualitativos da ação no Relatório da Visita

Perguntas	Alunos	Indicador de Avaliação	Indicadores/Parâmetros Qualitativos	Nível
1 – O GRS	AC	<i>RS</i>	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Bom
	AD1	<i>RS</i>	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Bom
	AJ	<i>RS</i>	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Bom
	AF	<i>RS</i>	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Bom
	AN	<i>RS</i>	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Bom

Perguntas	Alunos	Indicador de Avaliação	Indicadores/Parâmetros Qualitativos	Nível
2- Produção de Biogás	AC	RS	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Regular
	AD1	RS	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Regular
	AJ	RI	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Regular
	AF	RS	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Regular
	AN.	RS	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Regular
3- Análise de Biogás	AC	NR	Grau de consciência Grau de detalhamento	Insuficiente insuficiente
	AD1	RS	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Regular
	AJ	RS	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Regular
	AF	RS	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Regular
	AN.	RS	Grau de consciência Grau de detalhamento	Bom Regular

Perguntas	Alunos	Indicador de Avaliação	Indicadores/Parâmetros Qualitativos	Nível
4- Relação Pesquisa e Experimento	AC	NR	Grau de generalização Grau de consciência Grau de Independência	Insuficiente insuficiente Insuficiente
	AD1	NR	Grau de generalização Grau de consciência Grau de Independência	Insuficiente insuficiente Insuficiente
	AJ	NR	Grau de generalização Grau de consciência Grau de Independência	Insuficiente insuficiente Insuficiente
	AF	NR	Grau de generalização Grau de consciência Grau de Independência	Insuficiente insuficiente Insuficiente
	AN.	RS	Grau de generalização Grau de consciência Grau de Independência	Bom Bom Bom

Fonte: elaborado pelo autor

4.2.6 Etapa de Formação da Ação no Plano Mental

4.3 CONTROLE FINAL - NÍVEL DE COMPREENSÃO DOS ALUNOS ACERCA DO CONTEÚDO HIDROCARBONETOS (METANO) E DAS REAÇÕES QUÍMICAS ENVOLVIDAS NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Para verificar o nível de compreensão alcançado pelos alunos sobre os conceitos científicos abordados nas atividades da SEA foi analisada a produção textual elaborada considerando os tópicos: 1) Composição Química do Biogás; 2) Transformações físicas e químicas da produção de Biogás; 3) Principais reações orgânicas e funções orgânicas e 4) Fatores que influenciam a produção de Biogás, buscando identificar elementos que evidenciam a ação no plano mental.

As ações desenvolvidas pelos alunos para resolução dos problemas nesse último momento os conduziram a alcançar objetivos próximos aos conhecimentos químicos esperados relacionados ao Biogás. Também qualificamos os graus da ação

segundo Galperin (1986) na busca de indícios de internalização da ação do plano material para o mental através dos graus de generalização, detalhamento, consciência e independência.

A função do controle final é avaliar a capacidade de transferência da aprendizagem ao longo da SEA na atividade de produção textual. Os parâmetros de qualidade e forma da ação analisados são apresentados no Quadro 20 e os indicadores de avaliação no Quadro 21.

Quadro 20: Grau de desenvolvimento dos conceitos abordados na SEA

Indicadores Qualitativos	Grau insuficiente (conceito não desenvolvido)	Grau regular (conceito pouco desenvolvido)	Grau bom (conceito muito desenvolvido)
Generalização	<p>O aluno não identifica a composição química do biogás, não reconhece as reações e não especifica funções orgânicas envolvidas no processo.</p> <p>Não é capaz de explicar o funcionamento de um biodigestor e não compreende os fatores que influenciam a produção de metano</p>	<p>O aluno identifica em parte a composição química do biogás, além de nem sempre reconhecer as reações e especificar as funções orgânicas envolvidas no processo.</p> <p>Nem sempre é capaz de explicar o funcionamento de um biodigestor e, algumas vezes, não compreende os fatores que influenciam a produção de metano</p>	<p>O aluno identifica a composição química do biogás, reconhece as reações e especifica funções orgânicas envolvidas no processo.</p> <p>É capaz de explicar o funcionamento de um biodigestor e compreende os fatores que influenciam a produção de metano</p>
Consciência	<p>O aluno não é capaz de realizar a ação e explicar verbalmente o que está fazendo</p>	<p>O aluno é, em parte, capaz de realizar a ação e explicar verbalmente o que está fazendo</p>	<p>O aluno é capaz de realizar a ação e explicar verbalmente o que está fazendo</p>
Independência	<p>O aluno não consegue realizar a ação de forma independente, sem ajuda do professor ou de qualquer outra pessoa</p>	<p>O aluno consegue, em parte, realizar a ação de forma independente, sem ajuda do professor ou de qualquer outra pessoa</p>	<p>O aluno consegue realizar a ação de forma independente, sem ajuda do professor ou de qualquer outra pessoa</p>

Indicadores Qualitativos	Grau insuficiente (conceito não desenvolvido)	Grau regular (conceito pouco desenvolvido)	Grau bom (conceito muito desenvolvido)
Forma mental da ação	O aluno não consegue assimilar no plano mental, o modelo de atividade que o guiará na resolução de várias tarefas, respeitando os limites de generalização propostos.	O aluno consegue, em parte, assimilar no plano mental, o modelo de atividade que o guiará na resolução de várias tarefas, respeitando os limites de generalização propostos.	O aluno consegue assimilar no plano mental, o modelo de atividade que o guiará na resolução de várias tarefas, respeitando os limites de generalização propostos.

Fonte: Baseado em Luna e Silva (2018)

Quadro 21: Indicadores de Avaliação para a Atividade de Produção Textual

Tópicos	Alunos	Indicador de Avaliação
Q1 Composição Química do Biogás	AC AJ AN AD1 AL AF	RS RPS
Total	4 RS – 2 RPS – 0 RI – 0 NR	
Q2 Transformações físicas e químicas da produção de Biogás.	AC AJ AN AD1 AF AL	RS NR
Total	5 RS – 0 RPS – 0 RI – 1 NR	
Q3 Principais reações orgânicas e funções orgânicas	AC AJ AN AD1 AF AL	RS NR RS NR RS NR
Total	3 RS – RPS – 0 RI – 3 NR	
Q4 Fatores que influenciam a produção de Biogás	AC AJ AN AD1 AL AF	RS
Total	6 RS – 0 RPS – 0 RI – 0 NR	

Fonte: elaborado pelo autor

A Q1 discorreu sobre a constituição do Biogás e o processo de transformação da matéria orgânica por meio da digestão anaeróbia. Os resultados mostram que 4 alunos (AC, AJ, AN AD1) responderam de forma satisfatória. Os alunos AL e AF não descreveram os gases principais formadores do metano, porém citam apenas metano e H₂S com outro gás formado no processo de digestão anaeróbia apontando para grau regular de detalhamento e consciência da ação realizada. Apresentamos resposta de AJ e AF a seguir:

AJ: “O processo ocorre na ausência de oxigênio. O Biogás é composto por CH₄, CO₂, N₂, e H₂S.”

AF: “A composição do biogás é composta pela formação de gases como o gás sulfídrico e o mais importante que tem valor agregado é o metano.”

Comparando a resposta de AJ nesse ponto observa-se um considerável desenvolvimento no nível de assimilação: resposta não realizada no momento 1, para uma resposta completa e correta no momento 6 da SEA, que aponta para um grau 02 de detalhamento e consciência da ação realizada. A partir dessa comparação, podemos inferir que o aluno AJ alcançou assimilação do modelo de atividade no plano mental, mostrando indícios de movimento do plano material para o mental em suas ações (cf. Quadro 22).

Quadro 22: Resposta do aluno AJ sobre composição do Biogás em P1 (início da SEA) e Produção Textual (final da SEA)

Q2 Há formação de novas substâncias nesse processo?			
Composição Química do Biogás			
Atividades	Indicador de Avaliação	Indicadores Qualitativos	Nível
P1	NR	Grau de consciência	Insuficiente
Produção Textual	RS	Grau de Generalização Grau de Consciência	Bom

Na Q2, cinco alunos responderam de forma satisfatória revelando que eles compreendem as principais transformações físico-químicas no processo de digestão

anaeróbia, mostrando que conseguem resolver as tarefas de forma correta e independente.

AN: “As transformações físicas são a diminuição da superfície de contato por meio da queima do material. As químicas são as reações bioquímicas que passam para produção de biogás: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.”

Observamos um movimento de transformação da ação verbal externa escrita em ação mental, e a resolução da tarefa de forma independente e consciente de grau bom. Apenas um aluno (AL) não respondeu o que foi solicitado. Isso pode ser justificado porque AL não participou da atividade de visita de campo (onde foi abordada as diferentes transformações ocorridas nos biodigestores, fases e tempo para as reações acontecerem) e não produziu relatório. Desse modo, AL não avançou com relação ao momento 1, apresentando graus insuficientes de generalização, consciência e independência.

A Q3 trata das funções orgânicas dos principais gases formadores do biogás e sobre os tipos específicos de reações químicas ocorridas no processo. Três alunos responderam de forma satisfatória. O aluno AF consegue aplicar com êxito os conceitos e habilidades assimilados ao longo da SEA, além do mais AF identifica reações que não foram trabalhadas de forma específica nas aulas anteriores.

AF: “As reações químicas que acontecem no biodigestor são: reações de oxido-redução, hidrólise, descarboxilação, muitas a partir da catálise enzimática dos microrganismos. As funções orgânicas presentes são: álcoois (Acidogênese), o grupo carboxila do acetato (Acetogênese), aminas (Metanogênese), Hidrocarbonetos (CH₄), Sulfidrilas (-SH) e etc.”

A resposta de AF mostra o desenvolvimento desse aluno em relação ao momento 1 da SEA, revelando um movimento de transformação da ação verbal externa escrita em ação mental (cf. Quadro 23).

Quadro 23: Resposta do aluno AF sobre Q2 em P1 (início da SEA) e Q3 Produção Textual (final da SEA)

Q3 Há formação de novas substâncias nesse processo?			
Principais reações orgânicas e funções orgânicas			
Atividades	Indicador de Avaliação	Indicadores Qualitativos	Nível
P1	RPS	Grau de consciência	Insuficiente
Produção Textual	RS	Grau de Generalização Grau de Consciência Graus Independência	Bom

A resposta individual a tarefa realizada por AF mostra que ele atingiu um grau bom de independência e na forma mental da ação. AF avança quanto ao grau de generalização (bom), pois inclui na tarefa reações químicas que não foram abordadas nas atividades, indo além do que foi pedido na Q3. No entanto, AD1, AJ e AL não especificam as reações e funções orgânicas envolvidas na produção de biogás. Isso mostra que não atingiram a forma mental da ação, apresentando grau insuficiente de generalização. Apesar de eles resolverem a Q3 sem apoio externo, consideramos, também, que alcançaram um grau insuficiente de independência, uma vez que Nuñez (2009) ressalta que esse parâmetro qualitativo da ação se refere à condição de o aluno realizar a tarefa com ou sem ajuda de forma correta. Esses resultados demonstram que AD1, AJ e AL não evoluíram no desenvolvimento da ação esperada, comparando os momentos 1 e 6, porque não realizaram a ação no plano mental.

A Q4 trata dos fatores que influenciam a formação de biogás. Foram consideradas respostas satisfatórias aquelas que abordaram a eficiência do processo de biodigestão anaeróbia, e de como é afetada por uma série de fatores que vão desde as condições ambientais (temperatura e pressão), tratamento de efluentes, composição físico-química do substrato, pH do meio, relação carbono-nitrogênio e espécies de microrganismos presentes no digestor. Esta questão está ligada a atividade experimental e a visita de campo e aborda os fatores que influenciam a eficiência da geração de biogás desde os biodigestores feitos em sala de aula, quanto os observados no laboratório GRS. Todos os alunos responderam de forma

satisfatória (RS) e atingiram a forma mental da ação e um nível bom de grau de independência e de generalização, uma vez que, sem ajuda, estabeleceram corretamente o sistema de características necessárias e suficientes para explicar os fatores que influenciam a produção de metano. Apresentamos as respostas de AF e AD1 como exemplos de RS:

AF: “Os fatores que pode influenciar na produção de biogás são: temperatura, pH, umidade e agitação. São fatores importantes que decidirão a formação ou não de biogás.”

AD1: “Vários fatores podem influenciar a produção de Biogás, como pH, umidade, o tipo de resíduo e substrato, a relação carbono/nitrogênio e a superfície de contato. Resíduos contendo carboidratos também intensificam a produção de Biogás...”

AJ: “Biogás para ser produzido, é necessário que o sistema (biodigestor) seja todo vedado, para que não entre em contato com o ar, pH tem que estar correto, o sistema tem que estar sob agitação constante, e a temperatura tem que estar regulada. Só assim pode ocorrer as reações químicas da digestão anaeróbia.”

Observa-se nas respostas de AD1, AF e AJ um avanço considerável na comparação dos momentos 1, 3 e 6 para a Q4. No momento 3, AD1 e AJ explicam que “mais biomassa” no resíduo é o fator pelo qual haverá formação de mais ou menos biogás. No momento 6, as respostas expressam não apenas a quantidade de biomassa, mas também outros fatores como temperatura, pH, a relação carbono/nitrogênio e agitação. Esse resultado mostra um movimento da ação externa para interna, revelando indícios de internalização para a forma mental da ação. Os graus de generalização, consciência e independências se encontram no nível bom, uma vez que estes alunos realizam e explicam a ação verbalmente, de forma independente, sem ajuda do professor ou dos colegas.

Apresentamos no Quadro 24 uma síntese dos parâmetros qualitativos da forma e graus das ações realizadas pelos alunos na atividade de Produção Textual:

Quadro 24: Resultados da etapa do plano mental na análise da Produção Textual.

Indicadores Qualitativos	Grau insuficiente (conceito não desenvolvido)	Grau regular (conceito pouco desenvolvido)	Grau bom (conceito muito desenvolvido)
Generalização	Q1: Q2: AL Q3: AD1, AJ, AL Q4:	Q1: AF, AL Q2: Q3: Q4:	Q1: AC, AJ, AN, AD1 Q2: AC, AF, AJ, AN, AD1 Q3: Q4:
Consciência	Q1: Q2: AL Q3: AD1, AJ, AL Q4:	Q1: AF, AL Q2: Q3: Q4:	Q1: AC, AJ, AN, AD1 Q2: AC, AF, AJ, AN, AD1, Q3: AC, AF AN Q4: AF, AJ, AD1, AN, AC, AL
Independência	Q1: Q2: AL Q3: AD1, AJ, AL Q4:	Q1: AF, AL Q2: Q3: Q4:	Q1: AC, AJ, AN, AD1 Q2: AC, AJ, AN, AD1, AF Q3: AC, AF AN Q4: AC, AF, AJ, AN, AD1, AL
Forma mental da ação	Q1: Q2: AL Q3: AD1, AJ, AL Q4:	Q1: AF, AL Q2: Q3: Q4:	Q1: AC, AJ, AN, AD1 Q2: AC, AJ, AN, AD1, AF Q3: AC, AF AN Q4: AC, AF, AJ, AN, AD1, AL

Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou a seguinte questão norteadora:

Quais as contribuições de uma SEA sobre Biogás, elaborada com base no EABRP, para o processo de assimilação dos conceitos de hidrocarbonetos (metano) e das reações químicas envolvidas na produção de Biogás pelos licenciandos em Química?

E os objetivos geral e específicos de pesquisa:

Objetivo Geral

- Investigar as contribuições de uma SEA sobre Biogás, elaborada com base no EABRP, para o processo de assimilação do conceito de hidrocarbonetos (metano) e das reações químicas envolvidas na produção de Biogás pelos licenciandos em Química a partir de aspectos da Teoria da Assimilação das Ações Mentais por Etapas de Galperin.

Objetivos Específicos

- Diagnosticar o nível de compreensão inicial dos licenciandos em Química sobre hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas na produção de Biogás;
- Analisar o percurso de assimilação do conceito de hidrocarbonetos (metano) e reações químicas envolvidas na produção de Biogás por licenciandos em Química durante o desenvolvimento de uma SEA com base no EABRP.

Quanto ao primeiro objetivo específico, os resultados indicam que os licenciandos AC, AD1, AN, AF, AJ, AL demonstram ter um conhecimento inicial sobre os conceitos de metano e reações químicas envolvidas na produção de Biogás constatado a partir da resolução de P1. O diagnóstico (controle inicial) permitiu definir os níveis de partida dos alunos com relação ao desenvolvimento dos conceitos abordados no problema P1, revelando graus de generalização, consciência e

detalhamento variando de bom a regular, o que indica que os alunos possuem desempenho elementar e demonstram algumas dificuldades para realizar a ação (Momento 1).

Tal resultado corrobora com Silva (2011) ao destacar que a avaliação da aprendizagem pode ser realizada a partir de parâmetros como o grau de generalização e consciência das ações educativas desenvolvidas para a compreensão de conceitos científicos e desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas e de análise dos fenômenos numa dimensão mais ampla, que determinam a ação conceitual.

O segundo objetivo específico foi contemplado a partir da análise das respostas dos licenciandos às atividades da SEA com base nas cinco etapas de assimilação e na identificação das formas e qualidades da ação por meio dos indicadores de generalização, independência e consciência.

Na realização da Atividade Experimental de Montagem do Biodigestor (Momento 2) constatamos que, ao longo da etapa de formação da ação no plano material/materializado, os alunos apresentaram mais autonomia e usaram a criatividade, especialmente em relação ao desafio de escolher qual resíduo orgânico produziria mais biogás a partir da montagem dos biodigestores.

A etapa motivacional ocorrida no início da SEA, mas contemplada durante todo o processo mostrou-se essencial para o envolvimento e participação dos alunos nas atividades, de maneira que eles resolveram as tarefas propostas buscando a aprendizagem dos conceitos científicos abordados. Consideramos que esta etapa permitiu a motivação interna dos alunos ao longo da sequência.

A análise do tipo de orientação concebida nas atividades da sequência, visando a formação da ação mental nos alunos, apontou que a estruturação das atividades propostas apresenta uma orientação completa, na qual os alunos foram informados pelo professor sobre as características essenciais do conceito necessário para resolver um problema específico, o que caracterizou a BOA Tipo II.

Nesse sentido, Rodrigues (2014) ressalta que, embora a literatura indique dificuldades em obter uma BOA cujo modo de elaboração seja independente (construída pelos próprios alunos com auxílio do professor) deve-se insistir em considerar esse processo de elaboração por acreditar que os alunos se apropriam melhor da orientação quando eles fazem parte do processo de construção da mesma,

identificando o invariante conceitual da atividade, ou seja, utilizar a BOA tipo III, por se configurar como uma orientação mais eficaz e completa.

A análise das atividades da SEA buscou contemplar a etapa da formação da ação dos estudantes, inicialmente, na forma material ou materializada. Esta etapa é o ponto de partida para a ação mental que poderá ser formada, e se caracteriza pela ação do sujeito sobre os objetos concretos, seja por meio da manipulação física e/ou na presença desses objetos e/ou através de suas representações materiais. Para análise dessa etapa foram consideradas as seguintes atividades: a realização da atividade experimental, resolução de questões sobre o experimento e a visita de campo ao GRS, nas quais os alunos trabalharam em grupos e realizaram as ações com o monitoramento professor pesquisador.

A Etapa Materializada possibilitou aos alunos a execução das ações no plano externo, com o apoio da BOA tipo II. A ficha de orientação da Atividade Experimental e o Roteiro de Visita ao Laboratório do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS) (cf. APÊNDICE D e cf. APÊNDICE F) foram de grande importância, uma vez que continham representações dos objetos de assimilação a partir dos seus aspectos essenciais. O trabalho em grupo favoreceu o controle pelos próprios alunos que, progressivamente, foi passando de um controle externo para um controle mais interno. Desse modo, as atividades que privilegiaram a Etapa Materializada (ação do aluno sobre o objeto) foram as mesmas que propiciaram a Etapa de Formação da ação no Plano da Linguagem Externa, dado que a ação se distancia dos objetos materiais ou materializados, transformando-se em raciocínio sobre eles, por meio do relato sobre a ação. A linguagem esteve presente em todas essas etapas, porém, de forma diferente. Ela mostrou evidente nas duas primeiras etapas (Experimento e Visita de Campo) como um sistema de informações e nas demais (Questões de Resolução e Relatório de Visita) e se converteu em uma única base de ação, realizada pela consciência (GALPERIN, 2009).

De acordo com os resultados da análise da Atividade Experimental e da Resolução de Questões pode-se verificar que a maioria dos alunos pertencentes ao grupo G1 (AD1 e AJ) e G2 (AF e AC) finalizou essas atividades apresentando um nível satisfatório de desenvolvimento quando comparado com a etapa de controle inicial da SEA (resolução do problema P1). Justificamos esse avanço devido a BOA tipo II

possibilitar um avanço rápido e com poucos erros, uma vez que as orientações das atividades foram completas e os alunos as receberam já elaboradas pelo professor.

Em relação às qualidades da ação pode-se verificar que os alunos atingiram um grau de generalização de nível regular a bom na etapa de formação da ação no plano material (resolução de questões sobre o experimento), porém grau insuficiente de generalização na atividade de relatório da visita de campo. Os grupos atingiram um grau de detalhamento suficiente nas questões (Q1, Q4, Q5 e Q6 cf. APÊNDICE E) onde era esperado delinear de forma desdobrada o significado e representações científicas. A partir do detalhamento das ações os alunos tiveram condições de realizar uma ação de forma mais consciente, justificando o porquê e para que em suas respostas (Q6 cf. APÊNDICE E e ideais centrais 1, 2 e 3 cf. APÊNDICE F). Apontamos ainda, que a abordagem de conceitos químicos com a participação e envolvimento dos grupos na elaboração das respostas para a atividade de resolução de questões sobre o experimento e visita de campo foi um fator de sucesso para alcançar o objetivo de mobilizar conceitos inseridos no problema P1 a partir do experimento.

As atividades de Visita de Campo e do Relatório de Visita proporcionaram o contato com a aplicação real e prática dos conteúdos assimilados a partir da vivência da SEA e a execução de habilidades de análise, observação e crítica.

Por outro lado, nem todos os alunos entregaram o relatório de visita de campo. Com isso percebe-se que as aulas de química, as quais contemplam visitas externas despertam um acentuado nível de motivação nos estudantes, no entanto, precisam ser direcionadas à assimilação de conceitos. Nesse sentido, se o aluno não for orientado a realizar tarefas em torno dos conceitos, a visita pode se configurar como uma aula passeio. Assim, nas aulas de Química, em espaços não formais, necessitamos da ação mental direcionada a formação de conceitos.

A análise dos relatórios mostrou que os alunos AC, AD1 AJ, AF e AN alcançaram um grau de consciência e detalhamento satisfatório, pois passaram a considerar as características que estão no nível microscópico para a assimilação dos conceitos de química orgânica abordados no contexto do Biogás. No entanto, percebem-se dificuldades no processo de internalização dessa atividade, de forma que todos os alunos apresentaram graus de generalização e independência satisfatórios, com exceção de AN.

O último momento da SEA foi direcionado para o controle final da análise do percurso de assimilação dos conceitos químicos abordados. As atividades propostas

para esse momento exigiram do aluno o trabalho independente e a aplicação dos conhecimentos à solução de novas situações, buscando transformar a linguagem interna em ação mental interna. Nessa etapa a atividade realizada foi: Produção Textual (cf. APÊNDICE G).

A análise da produção textual aponta que os alunos assimilaram os conceitos químicos abordados a partir das ações realizadas no decorrer das atividades da SEA. Para a Q1, a maioria dos alunos atingiu grau nível bom de detalhamento e consciência da ação realizada para internalizar o conceito de biogás e explicar o processo de transformação da matéria orgânica por meio da digestão anaeróbia. Na Q2, percebeu-se um movimento de transformação da ação verbal externa escrita em ação mental, alcançado pela maioria dos alunos e a emergência dos graus de generalização, independência e consciência no nível bom na resolução da tarefa de explicar a constituição de Biogás e o processo de digestão anaeróbia.

.Para Q3, metade dos alunos alcançou grau de generalização e independência no nível bom e houve avanço para a forma mental da ação, o que indica a internalização da atividade externa (Identificar as funções orgânicas e reações químicas ocorridas), de modo que a ação no plano material se transformou para o mental, de forma independente e generalizada. Na Q4, todos os alunos atingiram a forma mental da ação e apresentaram graus de generalização e de independência no nível bom, uma vez que sem ajuda estabeleceram corretamente o sistema de características necessárias e suficientes para explicar os fatores que influenciam a produção de metano.

O último momento da SEA (Produção Textual) analisou a transformação da ação verbal externa em ação mental, e a resolução da tarefa de descrever a composição química do biogás e as principais reações envolvidas na fase metanogênica foi realizada de forma independente e generalizada. No entanto, percebeu-se que para os alunos (AL, AJ e AD1) não foi evidenciada a transformação da atividade externa em interna.

Consideramos que as atividades da SEA, baseada no EABRP, contribuíram para uma assimilação significativa e contextual de conceitos de química orgânica, particularmente, para uma compreensão mais satisfatória acerca dos fatores físico-químicos que influenciam na produção de Biogás. Os conceitos abordados no contexto do tema Biogás se materializaram nas atividades de resolução de problemas e questões que discorreram sobre situações reais a respeito do tema (etapa material

ou materializada). Por meio da linguagem emergiu o desenvolvimento do processo de assimilação (linguagem externa para si e a linguagem externa), e a generalização de conceitos por meio da transferência de conhecimentos a situações particulares, como é o caso da Produção de Biogás.

Segundo Arieviditch e Haenen (2005) a teoria de Galperin contribui tanto para a psicologia do desenvolvimento quanto para a educação. Essas ideias podem ajudar a desenvolver uma estrutura na qual as influências mútuas entre ensino, aprendizado e desenvolvimento sejam mais amplamente apreciadas nas pesquisas realizadas nas áreas de ensino de Química e Ciências. Pensar na formação de conceitos científicos originados da realização de atividades colaborativas e significativas, como é o caso, nessa pesquisa, da SEA sobre Biogás, com base no EABRP, é introduzir os alunos nessas atividades, fornecendo-lhes as ferramentas cognitivas e culturais necessárias e orientando seu progresso nos processos de ensino-aprendizagem que conduz ao desenvolvimento. Esses são aspectos do trabalho de Galperin que podem ser considerados na construção de uma estrutura integrativa de ensino e aprendizagem.

Consideramos que a aproximação da teoria de formação por etapas das ações mentais com os aspectos teórico-metodológico do EABRP permitiu uma melhor compreensão do processo de assimilação dos alunos e abre um caminho para novas pesquisas, com o objetivo de elevar a eficiência do processo de ensino e aprendizagem. Permitir que os licenciandos vivenciassem experiências com situações concretas para resolver um dado problema revela um aspecto positivo no qual emerge elementos para discussão sobre as possíveis dificuldades que os alunos da educação básica podem vivenciar e contribui para sua formação inicial como futuro professor.

Compreender as implicações da teoria de Galperin para o ensino significa perceber na prática a importância e emergência de cada uma das etapas de assimilação e a articulação que se estabelece entre elas. Em particular, na SEA sobre Biogás as atividades e ações realizadas pelos licenciandos possibilitaram a emergência de elementos desta teoria tais como: motivação, BOA, orientação e controle durante a execução da mesma e das etapas: material ou materializada, linguagem externa e etapa mental (internalização da atividade externa em interna).

Consideramos que existe um campo bastante vasto para a potencialidade de aplicação e contribuição das etapas de assimilação das ações mentais segundo Galperin para o ensino, tendo em vista a compreensão de como se dá tal processo para os diferentes tipos de conhecimentos científicos e suas especificidades. Nesse

trabalho, apresentamos uma contribuição inicial da teoria de Galperin que permitiu acompanhar o percurso de assimilação de conceitos de química (metano e reações químicas), no contexto da produção de Biogás pelos licenciandos em Química.

Entendemos que esta teoria é muito ampla e complexa sendo necessário avançar com mais pesquisas para uma compreensão mais profunda acerca da assimilação de conceitos no plano da ação mental.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, E. M. R.; FERREIRA, H. S. Análise e validação de sequência de ensino aprendizagem a partir de atividades e ações propostas. In: Isauro Béltran Núñez; Betânia Leite Ramalho. (Org.). **Galperin e a teoria da formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos**. 1ed. Campinas: Mercado das Letras, 2018, v. 1, p. 1-424.
- AMARAL, S. R.; AMADO, M. V.; CORREIA, A. F. G.; ARAUJO, B. O. P.; RIBEIRO, G. A. M.; SOUZA, M. A. V. F. Educação Problematizadora: Problematização e ABRP no Contexto do Ensino de Ciências. In: Maria Alice Veiga Ferreira de Souza; Daniela Veiga Carneiro Sondermann. (Org.). **Ensinar e aprender: caminhos e reflexões**. 1ed. Vitória: EDIFES, 2018, v. 1, p. 270-292.
- ARAÚJO, M.S. **Um Estudo sobre a reconfiguração da orientação para a ação escrever textos argumentativos em Química**. 2018. 182f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- ARAÚJO, U.F., SASTRE, G. (Orgs) **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior**. São Paulo: Summus, 2009. 236 p.
- ARAÚJO, U.F; ARANTES, V.A. Comunidade, Conhecimento e Resolução de Problemas: O Projeto Acadêmico da USP Leste. In: ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G. (Orgs.). **Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino Superior**. Summus, 2009. 101-122p.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino Por Investigação: Problematizando as Atividades Em Sala de Aula.” In: Carvalho, A. M. P. **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning. 2010. 19–34p.
- BARCELOS, B. R. **Avaliação de diferentes inóculos na digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos domésticos**. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos - Universidade de Brasília. Brasília.
- BARRETO SANTOS, D. M. B. *et al.* Aplicação do método de aprendizagem baseada em problemas no curso de engenharia da computação da Universidade Estadual de Feira de Santana. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE, v.35. **Anais eletrônicos do COBENGE**. 2007.
- BARROWS, H. S. **A Taxonomy of Problem-Based Learning Methods**. Medical Education. v.20. 1986.
- BATINGA, V. T. S. **A abordagem de resolução de problemas por professores de Química do ensino médio: um estudo de caso sobre o conteúdo de estequiometria**. 2010. 284f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- BATINGA, V. T. S.; TEIXEIRA, F. M. A Abordagem de Resolução de Problemas por uma professora de Química: Análise de um problema sobre a Combustão do Álcool

envolvendo o conteúdo de Estequiometria. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, v.7 (1). p.24-52. 2013.

BEJARANO FRANCO, M. T.; LIRIO CASTRO, J. La utilización de problemas auténticos en la enseñanza superior. In: A. Escribano, & A. del Valle. **El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)**. Una propuesta metodológica en Educación Superior (2da ed., p. 184). Madrid. España: Narcea, S.A. 2010.

BESCHKOV, V. Biogas, Biodiesel and Bioethanol as Multifunctional Renewable Fuels and Raw Materials. In: JACOB-LOPES, E; ZEPKA, L.Q, **Frontiers in Bioenergy and Biofuels**. InTech. 2017.

BRANDA, L. A. A Aprendizagem Baseada em Problemas – O Resplendor Tão Brilhante de Outros Tempos. In: ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G. (Orgs.). **Aprendizagem Baseada Em Problemas No Ensino Superior**, São Paulo: Summus, 2009. p.205-236.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE); Câmara de Educação Básica (CEB). Resolução nº 4, de 13 de julho de 2010: **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica**. Brasília: CNE/CEB, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CEB n. 5/2011. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 jan. 2011. Seção 1, p. 10.2011

BRASIL. Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes da Educação Nacional**. *Diário Oficial da União* 1996; 23 dez.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica**. Parecer CNE/CP nº 9, de 08/05/2001a. D.O.U. 2002, Seção 1, p. 31. 2001

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Volume 2. Brasília: MEC/SEB. 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química**. Diário Oficial Da União. Conselho Nacional de Educação (CNE/CES 1.303/2001): 25. Brasília. 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável**. São Paulo, 2010.

CAMARGO RIBEIRO, L. R. Aprendizagem baseada em problemas (PBL) na educação de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v.27 (2). p.23-32. 2008.

CARNICER, J.; FURIÓ, C. La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio. **Investigación en la Escuela**, 47, 33 – 52. 2002.

CARVALHO, A. M. P., e GIL-PÉREZ, D. **Formação de Professores de Ciências: Tendências e Inovações**. São Paulo: Cortez. 2011.

CARVALHO, A.M.P. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013

CARVALHO, C. J. A. **O Ensino e a Aprendizagem das Ciências Naturais através da Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas: Um Estudo com Alunos de 9º ano, centrado no Tema Sistema Digestivo**. 2009. 301f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade do Minho, Minho.

CASTRO, A.M. D.A. **Mudanças Tecnológicas e suas Implicações na Política de Formação do Professor**. Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação. Rio de Janeiro, v.13 (49). p.469-486. 2005.

CHERNICHARO, C.A.L. **Princípio do tratamento biológico de águas residuárias - Reatores anaeróbios**. 2ed. Belo Horizonte: Ed: UFMG, 2007. 380p.

CORREIA, A. F. G; AMADO, M. V.; ARAUJO, B. O. P.; AMARAL, S. R.; RIBEIRO, G. A. M. Contribuições da problematização e da ABRP nos diferentes processos de ensino de ciências. In: V Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2016. **Anais V SINECT**, UTFPR, Ponta Grossa, Paraná. 2016.

CUBERO, R., e LUQUE, A. Desenvolvimento, educação e educação escolar: a teoria sociocultural de desenvolvimento e da aprendizagem. In: C. Coll, Á. Marchesi, & J. Palácios, Desenvolvimento e educação: Psicologia da educação escolar (F. Murad, Trad., 2ª ed., Vol. 2, pág. 472). Porto Alegre: Artmed. 2004.

CUSTÓDIO, J.F. et.al. Crenças de professores de física do ensino médio sobre atividades didáticas de resolução de problemas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v11 (1). p.225-252. 2012.

DEGANUTTI, R. *et al.* Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. Encontro de Energia no Meio Rural, v.4. Campinas. 2002. **Proceedings online...** Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022002000100031&lng=en&nrm=abn>. Acesso: 29 de março 2018.

DEL VALLE LÓPEZ, A; VILLA FERNÁNDEZ, N. Visión crítica sobre el Aprendizaje Basado en Problemas. ventajas y dificultades. In: A. Escribano & A. del Valle. **El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)**. Una propuesta metodológica en Educacción Superior (2da ed., p. 184). Madrid. España: Narcea, S.A. 2010

DELGADO; O.T; MENDOZA, Héctor José García. Uma aproximação das teorias de Aprendizagem Significativa e Formação por Etapas das Ações Mentais. In: **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review – V2(2)**, pp. 1-13, 2012

DELIZOICOV, D. Problemas e Problematizações. In: PIETRECOLA, M. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2001. Disponível em: <

http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/276013/mod_resource/content/3/Problemas_probl_ematizacao.pdf >. Acesso em: 21 de maio de 2019.

DES MARCHAIS, J A delphi technique to identify and evaluate criteria for construction of PBL problems. **Medical education**. p. 504-508.1999.

DUCH, B. Writing problems for deeper understanding. In DUCH, B.; GROH, S.; ALLEN, D. (Eds.). **The Power of Problem-Based Learning** – A practical “how to” for teaching undergraduate courses in any discipline. Virginia: Stylus Publishing, LLC, 47-55. 2001

DUIT, R.; GROPENIEBER, H.; KATTMANN; K; KOMOREK; M. PARCHMANN, I. The model of educational reconstruction: A framework for improving teaching and learning science, in: JORDE, D.; DILLON (Ed). **Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective**, J. Sense Publishers, Rotterdam, Netherlands, p. 13–38, 2012.

ESCRIBANO, A. Aprendizaje colaborativo y resolución de problemas. In: ESCRIBANO, A.; DEL VALLE, A. (Coords.), El aprendizaje basado en problemas. Una propuesta metodológica en educación superior (pp. 71-90). Madrid: Narcea. 2008

FARIAS, V. C.; REI, F. Economia verde e matriz energética brasileira: delineamentos e reflexões. In: Maria Luiza Machado Granziera; Fernando Rei. (Org.). **Energia e meio ambiente: contribuições para o necessário diálogo**. 01ed.Santos: Editora Leopoldianum, v. 01, p. 09-30, 2016.

FERNANDES, L.S.; CAMPOS, A.F. Tendências de Pesquisa sobre a Resolução de Problemas em Química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v.16. p.458–482. 2017.

FERREIRA JUNIOR. **A Reorientação como Conhecimento Profissional para a Formação da Habilidade de Descrever, segundo a Teoria da Assimilação por Etapas de Galperin**; 231f. 2018. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.

FIRME, R.N. et.al. Elaboração e análise de sequência didática a partir das abordagens de resolução de problema e de ilhas de racionalidade. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, v.6. Santa Catarina: **Atas...** Santa Catarina: Florianópolis, 2007.

FIRMO, A.L.B. **Estudo numérico e experimental da geração de biogás a partir da biodegradação de resíduos sólidos urbanos**. 2013. 268f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

FRANCISCO JUNIOR, W.E.; FERREIRA, L.H.; HARTWIG, D.R. **A Dinâmica de Resolução de Problemas: Analisando episódios em sala de aula**. Ciências Cognição (UFRJ). v13. p.88-99. 2008.

FREIRE, A. M. Mudança de concepções de ensino dos professores num processo de reforma curricular/ In: Ministério da Educação (Org.). **Flexibilidade curricular, cidadania e comunicação**. Lisboa: **Ministério da Educação**. p. 265-280. 2004

FREIRE, M. S.; SILVA, M. G. L. Vivenciando a estratégia de resolução de problemas: dificuldades de futuros professores de química. **Educación Química**, v. 25, p. 30-34, 2014.

FREIRE, M.S.; SILVA, M.G.L. Como formular problemas a partir de exercícios? Argumentos dos licenciandos em Química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.12 (1). p.191-208. 2013.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. Editora Paz e Terra. 2014.

FREITAS, R.A.M.M. **Ensino por Problemas: Uma Abordagem para Desenvolvimento do Aluno**. Educação e Pesquisa. v.38 (2). p.403-418. 2012.

FREZATTI, F.; SILVA, S.C. Practice Versus Uncertainty: How to Manage Student this Tension in Implementing Discipline through the Prism of the PBL Method. **Revista Universo Contábil**, p.28-46. 2014.

GALPERIN, P. Y. Acerca del lenguaje interno. In: ROJAS, Luis Quintanar e SOLOVIEVA, Yulia. **Las funciones psicológica em el desarrollo del niño**. México: Trillas, 2009.

GALPERIN, P. Y. Tipos de orientação e tipos de formação das ações e dos conceitos. **Revista AMAzônica**. Amazonas, v. 7, n. 2, p. 489- 495, 2013.

GALPERIN, P.Y. **Sobre el método de formación por etapas de las acciones intelectuales**. Antología de la Psicología Pedagógica y de las edades. Havana. Editorial Pueblo y Educación. p.114-118. 1986.

GALVÃO, C. *et al.* **Ciências físicas e naturais: orientações curriculares para o 3º ciclo do ensino básico**. Lisboa: Ministério da Educação, 2002.

GARRET, R.M. **Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias**. Alambique v.5. p.6-15. 1995.

GERIS, R. et.al. **Biodiesel de Soja: Reação de Transesterificação para Aulas Práticas de Química Orgânica**. Química Nova. v.30 (5). p.1369-1373. 2007.

GIL-PÉREZ, D.; VALDÉS-CASTRO, P. La Orientación de Las Prácticas de Laboratorio como Investigación: Un Ejemplo Ilustrativo. **Enseñanza de Las Ciencias**. v.14 (2) p.155-163. 1996.

GLOBO RURAL. 2016. Pequenos agricultores do Nordeste produzem gás para suas cozinhas. **Globo Rural**, Edição do dia 09 de out de 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2016/10/pequenos-agricultores-do-nordeste-produzem-gas-para-suas-cozinhas.html>. Acesso em: 21/04/2018.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energy, Environment and Development**. 2ed.Londres: Earthscan, 2010. 481p.

GOMES, J. e DEWES, H. Disciplinary dimensions and social relevance in the scientific communications on biofuels. **Scientometrics**, v. 110, n. 3, p. 1173-1189, 2017.

GOMES, J.N.C. **Potencial de produção de energia a partir da biometanização de resíduos orgânicos do campus Pampulha da UFMG**. 2014. 94f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte.

GRAHAM SOLOMONS, T.W. **Fundamentos de Química Orgânica**. 2ed. Editorial Limusa S.A. 2004. 1215p.

GUISASOLA, J., ZUZA, K., AMETLLER, J; GUTIERREZ-BERRAONDO, J. Evaluating and redesigning teaching learning sequences at the introductory physics level. **Physical Review Physics Education Research**, v,13(2), n.17, p. 020139 -14)

HIDALGO, M.D.; GARCIA, P.A. Influencia del sulfato en la degradación anaerobia de materia orgánica. **Revista Ing. Química**. v.383. p.183-191. 2001. Disponível em: <<http://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/>> Acesso em: 02 de fevereiro de 2018.

HOUDKOVA, L; JAROSLAV, B; PEČČEK, J; ŠUMPELA, P. Biogas: A Renewable Source of Energy. **Thermal Science**. v.12 (4). p.27-33. 2008.

ICLEI. Governos Locais pela Sustentabilidade. **Manual para aproveitamento de Biogás**: v.1. Aterros Sanitários. São Paulo, 2010.

IPCC. PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. **Mudança do Clima 2007: Mitigação da Mudança do Clima**. Contribuição do Grupo de Trabalho III ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, 2007. Disponível em: <<http://www.observatoriodoclima.eco.br>> Acesso: janeiro de 2018.

JONASSEN, D.H. **Computadores, Ferramentas Cognitivas**. Desenvolver o pensamento crítico nas escolas. Porto: Porto Editora, 200.

KARIOTOGLOU, P; SPYRTOU, A. A Teaching – Learning Sequence Concerning Dynamic Interactions: The need for Appropriate Software. In Michailides, P.; Margetousaki, A. **Proceedings of the 2nd International Conference, Hands-on Science: Science in a Changing Education**. *Rethymno*, Greece, p. 91-95.2005.

KARLSSON, T.; KONRAD, O.; LUMI, M.; SCHMEIER, N. P.; MARDER, M.; CASARIL, C. E.; KOCH, F. F.; PEDROSO, A. G. **Manual básico do biogás**. Univates, Lajeado – RS, 2014.

KOCH, P.R.; ALMEIDA SILVA, M.C. Avaliação da produção de biogás utilizando glicerol e resíduos de restaurante como substratos orgânicos. **Revista Caderno Pedagógico** v.14 (1). 2017. Disponível em: <http://www.univates.br/revistas/index.php/cadped/article/view/1449>>. Acesso: fevereiro de 2018.

LAMBROS, A.N.N. **Problem-Based Learning in K-8 Classrooms: A Teacher's Guide to Implementation**. Corwin Press. 2002.

LEACH, J.; SCOTT, P. Designing and evaluating science teaching sequences: an approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning. **Studies in Science Education**, v. 38, p. 115-142, 2002.

LEITE, L.; AFONSO, A.S. **Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas: Características, Organização e Supervisão**. Boletim das Ciências. v.48. p.253-260. 2001.

LEITE, L.; ESTEVES, E. Trabalho em grupo e aprendizagem baseada na resolução de problemas: Um estudo com futuros professores de Física e de Química. In: **Atas do Congresso Internacional**, Lima (Perú): Pontificia Universidad Católica del Perú. 2006.

LEONTIEV, A. N. **Actividad, Conciencia y Personalidad**. Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1985.

LLORENS-MOLINA, J. A. El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el cambio metodológico en los trabajos de laboratorio. **Química Nova**, 33(4), 994-999. 2010

LOPES, J.B. **Resolução de Problemas em Física e Química: Modelo Para Estratégias de Ensino-Aprendizagem**. Lisboa: Texto Editora. 1994.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU. 1986.

LUNA, E. R. M.; SILVA, P.B. A teoria de Galperin no ensino de polialelia: formação dialética de habilidades e conceitos. **Revista de Ensino de Biologia da Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SBEnBio)**, v. 11, p. 139-156, 2018.

MACIEL, F.J. **Geração de biogás e energia em aterro experimental de resíduos sólidos urbanos**. 2009. 333f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

MALDANER, O.A. **A Pesquisa como Perspectiva de Formação Continuada do Professor de Química**. Química Nova v.22 (2). p.289-292. 2000.

MALHEIRO, J.M.S.; DINIZ, C.W. P. Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino de Ciências: mudando atitudes de alunos e professores. **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v.4. p.1-10. 2008.

MAMEDE, S. Aprendizagem baseada em problemas: características, processos e racionalidade. In: MAMEDE, S.; PENAFORTE, J. (Orgs.). **Aprendizagem baseada em problemas: anatomia de uma nova abordagem educacional**. Fortaleza: Hucitec, 2001. p.25-48.

MARTINS, E.L. et.al. Vivência em cenários reais: Contribuições do estudo de caso no ensino de ciências. **Latin American Journal of Science Education**. v.1. p.121. 2015.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequence tools for learning and/or research. In: BOERSMA, K. et.al. **Research and Quality of Science Education**. Holanda: Springer, 2005.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**. v.26 (5). p.515-535. 2004.

MENDONÇA, M. F. C.; CORDEIRO, M. R.; KIIL, K. B. Uso de diagrama V modificado como relatório em aulas teórico-práticas de química geral. **Química Nova**, v. 37, n. 7, p. 1249-1256, 2014.

MINAYO, M.C.S.; SANCHES, O. Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementaridade? **Cadernos de Saúde Pública**, v.9 (3). p.237-248. 1993.

MINGO ÁLVAREZ, A., MAÍLLO, J. M.; FERNÁNDEZ VEGA, A. "El aprendizaje basado en proyectos y su aplicación en la enseñanza universitaria a distancia de la Arqueología". **Congreso: Jornada de Educación Educativa**. Vicerrectorado de Alumnado, Docencia y Calidad. Universidad de Vigo. 2013:

MORAES, J. V.; CASTELLAR, S.M.V. Scientific Literacy, problem-based learning and citizenship: a suggestion for geography studies teaching. **Problems of Education in the Twenty First Century**. v.19. p.119-127. 2010.

MORALES-BUENO, P; LANDA-FITZGERALD, V. **Aprendizaje basado en problemas. Problem-based learning**. *Theoría*, v.13. p.145-157. 2004.

NÚÑEZ, I. B. La formación de habilidades em química general em la perspectiva de la teoria de P. Ya. Galperin, como actividad de construcción de conocimientos. **Química Nova**, v. 22, n. 3, p. 429-434, 1999.

NUÑEZ, I. B. **Vygotsky Leontiev Galperin: Formação de Conceitos e Princípios Didáticos**. Brasília: Liber Livro. 2009.

NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. A Teoria de P. Ya. Galperin como Fundamento para a formação de habilidades gerais nas aulas de química. **REDEQUIM**, v. 1, p. 5-19, 2015

NÚÑEZ, I.B; RAMALHO, B. L. Desarrollo de una unidad didáctica para el estudio de los procesos de oxidación-reducción en el preuniversitario: contribuciones de la teoría de P. Ya. Galperin. In: SILVA, Marcia Gorette Lima da; MOHR, Adriana; ARAUJO, Magnolia Fernandes Florencio de. **Temas de ensino e formação de professores de ciências**. Natal: EDUFRN, 2012.

OLIVEIRA A. G.; ANTONELLO R.; FIDÉLIS, A. J.; RINALDI, B. J. D. Energia, Sociedade e Meio Ambiente no Desenvolvimento de Um Biodigestor: a Interdisciplinaridade e a Tecnologia Arduino para Atividades Investigativas. **Química Nova na Escola**. V. 40 (3), 2018.

OTTZ, P.R.C.; PINTO, A.H.; AMADO, M.V. Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas e a elaboração de questões no Ensino Fundamental. In: XI Encontro

Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. XI ENPEC. Florianópolis. **Anais do XI ENPEC**. 2017.

PASSOS, C.G.; SANTOS, F.M.T. Formação Docente no Curso de Licenciatura em Química da UFRGS: Estratégias e Perspectivas. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ). **Programas e Resumos**. Curitiba/PR. 2008.

PERALES PALACIOS, F.J. La resolución de problemas: una revisión estructurada. **Enseñanza de las Ciencias**. v.11.(2). p.170-178. 1993.

PEREIRA, J. E; NÚÑES, I. B. **Formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos**: contribuições da teoria de P. Ya. Galperin. Natal, RN: EDUFRN, 2017.

POZNER, P. **Resolución de problemas**. IIPE- Buenos Aires. UNESCO y Ministerio de Educación de la Nación. 2000.

POZO, J.I. **A solução de problemas**: aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: Artes Médicas.1998.

RODRIGUES, G.M. **Desenho de validação de sequencias de ensino aprendizagem sobre os estados indecisos da matéria a partir da teoria da atividade e de assimilação das ações mentais por etapas**. 2014. 351f. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

RODRIGUES, G.M.; FERREIRA, H.S. A Teoria da Assimilação das Ações Mentais por Etapas: desenho de uma sequência de ensino-aprendizagem sobre os estados indecisos da matéria. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. v.1. p.1. 2013.

SÁ, C. S; SANTOS, W. L. P. A Identidade de um Curso de Formação de Professores de Química. **VII Encontro Nacional em Pesquisa de Educação em Ciências (VII ENPEC)**. Florianópolis, 08 de novembro de 2009.

SANTOS, S.A. **Estudo da aprendizagem na Atividade de Situações Problema em Limite de Funções de uma variável fundamentado na Teoria de Formação por Etapas das Ações Mentais de Galperín na Licenciatura em Matemática no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Roraima - Boa Vista**. 2014, 199f. Dissertação de Mestrado (Mestrado profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Roraima. Boa Vista.

SCHNETZLER, R.P. A Pesquisa em Ensino de Química no Brasil: Conquistas e Perspectivas. **Química Nova**. v.25. p.14-24. 2002.

SEGURA, M.L. A evolução da matriz energética brasileira: O papel dos biocombustíveis e outras fontes alternativas. **JusBrasil**. Artigos. v.96. p.96. 2014.

SILVA, P. B. **Desenvolvimento e avaliação de uma abordagem de ensino de química centrada na curiosidade científica dos estudantes e elaborada com base na teoria da formação das ações mentais por etapas de Galperin**. 2011, 293 f. Tese (Educação) Universidade Federal de Pernambuco. Recife

SILVA, F. M.; BERTINI, L. M.; ALVES, L. A.; BARBOSA, P. T.; MOURA, L. F.; MACÊDO, C. S. Implicações e possibilidades para o ensino a partir da construção de biodigestor no IFRN – Campus Apodi. **HOLOS**, v. 6. 2015b.

SILVA, M. A.; MARTINS, E. S.; AMARAL, W. K.; SILVA, H. S. e MARTINES, E. A. L. Compostagem: Experimentação problematizadora e recurso interdisciplinar no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 1, p. 71-81, 2015a

SILVA, R.M.G.; FERREIRA, T. Formação de Professores de Química: Elementos para a Construção de uma Epistemologia da Prática. **Contexto & Educação** 1. v.21 (76). p.43-60. 2007.

SILVA, W. T. L.; NOVAES, A. P.; KUROKI, V.; MARTELLI, L. F. A.; MAGNONI JR, L. Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola. **Química Nova**, v.35, São Paulo, 2012.

SOUZA, F.L.; MARTINS, P. **Ciência e Tecnologia na Escola**: Desenvolvendo Cidadania por meio do Projeto “Biogás – Energia Renovável para o Futuro”. **Química Nova na Escola**. v.33 (1). p.19-24. 2011.

SOUZA, J.S.A.; BATINGA, V.T.S. Validação de uma sequência didática de química a partir de aspectos da teoria da atividade de Leontiev e da teoria da assimilação por etapas dos conceitos e ações de Galperin. **Revista Amazônica**. Ano 6. v.16 (2) p.342-368. 2013.

SOUZA, S.C.; DOURADO, L. Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP): Um Método de Aprendizagem Inovador para o Ensino Educativo. **HOLOS**. v.5. p.182-200. 2015. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2880>>. Acesso em: 30 de Março de 2018.

TALÍZINA, N.F. **Psicología de la enseñanza**. Moscú: Progreso, 1988.

TATAR, E.; OKTAY, M. The effectiveness of problem-based learning on teaching the first law of thermodynamics. **Research in Science & Technological Education**, 29(3), 315-332. 2011

TOLMASQUIM, M.T., GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz Energética Brasileira: Uma Prospectiva. **Novos Estudos - CEBRAP**. n.79. p.47-69. 2007.

VASCONCELOS, C.; ALMEIDA, A. **Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas no Ensino das Ciências**: Propostas de Trabalho para Ciências Naturais, Biologia e Geografia. Porto, Portugal: Porto Editora. 2012.

VASCONCELOS, E.S. **Implicações da teoria de formação por etapas das ações mentais de Galperin para o processo de alfabetização científica de crianças de 7 e 8 anos de idade em atividades de situações problema do tema seres vivos na turma do 2º ano do ensino fundamental I do Colégio de Aplicação de Boa Vista**. 2017. 180f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista.

VIGOTSKY, L. S. Interacción entre aprendizaje y desarrollo. In: SEGARTE IZNAGA, A. L.; MARTÍNEZ CAMPO, G.; RODRÍGUEZ PÉREZ, M. E. (Orgs). **Psicología del desarrollo del escolar**. Tomo I. La Habana: Editorial Félix Varela, 2003, p.45-59.

VIGOTSKY, Lev S. **A Formação Social da Mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 6ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

VILELA, C.X. et.al. Análise da elaboração e aplicação de uma sequência didática sobre o aquecimento global. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis. **Atas...**, 2007.

VIZCARRO, C. JUÁREZ, E. ¿Qué es y cómo funciona el aprendizaje basado en problemas? In J. García-Sevilla (Coord.), **El aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria** (pp. 17-36). Murcia: Editum, Ediciones de la Universidad de Murcia. 2008.

VIGOTSKI, L.S. **El desarrollo de los procesos psicológicos superiores**. Barcelona: Crítica. 1979.

YEW, E.H.J.; GOH, K. Problem-Based Learning: An Overview of Its Process and Impact on Learning. **Health Professions Education**. v.2 (2). p.75-79. 2016.

YIN, R.K. **Estudo de Caso**: Planejamento e Métodos. 3ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZABALA, A. **A Prática Educativa**: Como Ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

 <p>UFPE</p>	<p>Universidade Federal Rural de Pernambuco Departamento de Química Curso de Licenciatura em Química Disciplina: Instrumentação para o Ensino da Química II Aluno (a): Turma:</p>
--	--

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa intitulada por “Resolução de Problemas na Formação Inicial de Professor de Química: Análise de Uma Sequência Didática sobre Biogás a partir de categorias da Teoria da Assimilação das Ações por Etapas segundo Galperin.”.

O objetivo desse projeto é investigar como uma sequência didática sobre a temática “Biogás: uma fonte de energia renovável” desenvolvida a partir do EABRP pode contribuir para a assimilação de conteúdos de Química Orgânica pelos licenciandos de Química.

A coleta de dados da pesquisa será feita a partir das respostas, produções e discussões dos licenciandos em Química nas atividades realizadas durante o desenvolvimento da sequência didática. Os instrumentos de coleta de dados elaborados e utilizados serão os seguintes: Ficha com o Problema P1 para diagnóstico de concepções prévias dos licenciandos sobre os conteúdos tratados no problema 1, resolução das questões relacionadas com a atividade experimental, videogravação e transcrição de algumas atividades/aulas da sequência (atividade de exibição de vídeo e debate), relatório de visita de campo e a resolução do problema P1 no final da sequência.

Você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar. O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados serão divulgados na forma de dissertação de mestrado, no Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC-UFPE).

Sua identidade permanecerá confidencial, pois será atribuído um código ou nome fictício aos seus registros. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Uma cópia deste termo de consentimento será arquivada nos arquivos da pesquisadora e outra será fornecida a você. A participação no estudo não acarretará custos para você e não será disponibilizada nenhuma compensação financeira adicional.

DECLARAÇÃO DO(A) PARTICIPANTE

Eu, _____ fui informado (a) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e motivar minha decisão se assim o desejar. O pesquisador certificou-me de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais. Em caso de dúvidas poderei chamar a pesquisadora Leandro Cesar Santos da Silva no e-mail: ufrpe@leandro-silva.com e/ou no telefone (81) 995253439. Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Nome: _____

Assinatura do Participante: _____

Data: _____

Nome do pesquisador: _____

Assinatura do Pesquisador: _____

Data: _____

APÊNDICE B – INTRODUÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO CONTEXTO DO PROBLEMA



Universidade Federal Rural de Pernambuco
 Departamento de Química
 Curso de Licenciatura em Química
 Disciplina: Instrumentação para o Ensino da Química II
 Aluno (a):
 Turma:

Objetivo: Criar um cenário real para introdução da problemática, focada no aquecimento global, efeito estufa, tipos de energia renováveis e não-renováveis, matriz energética e soluções para problemas ambientais e sociais.

Descrição da Atividade: Apresentação de algumas imagens (Fábrica/Indústria, derretimento das calotas polares, petróleo, energias fósseis etc.). Os alunos serão direcionados a identificar quais imagens se combinam e as quais categorias elas pertencem. Os alunos criarão as próprias categorias. Após esse momento eles apresentarão as respostas e junto com o professor criarão categorias de acordo com a combinação das imagens

Imagens:



Algumas perguntas norteadoras para discussão

- O que você entende por aquecimento global? Seria esse processo parte de um ciclo natural?
- Há algum movimento da sociedade para limitar o aquecimento global? Justifique sua resposta.
- Quais os impactos do aquecimento global para o meio ambiente?
- Há alguma relação entre o aquecimento global e o efeito estufa? Justifique sua resposta.
- Quais são os principais gases que contribuem para o efeito de estufa? De onde vêm esses gases?
- Como os gases que contribuem para o efeito estufa afetam a atmosfera?
- Quanto tempo os gases que contribuem para o efeito estufa permanecem na atmosfera? O que você entende por energias fósseis e renováveis? Quais as mais utilizadas atualmente?
- Argumente sobre o mercado de energia e sua influência no ambiente e sociedade. Em maio de 2018, a crise gerada pelo elevado preço da gasolina fez o Brasil parar devido à greve dos

caminhoneiros. Grande parte da matriz energética brasileira vem de combustíveis fósseis. O que poderia ser feito para mudar essa realidade? O que tem sido feito atualmente?

- Como futuro professor de Química, você entende que seria possível abordar conteúdos químicos articulados com a questão da energia, problemas e soluções ambientais? Justifique sua resposta

Obs: Os alunos poderão fazer outras perguntas que surgirem da discussão dessa atividade.

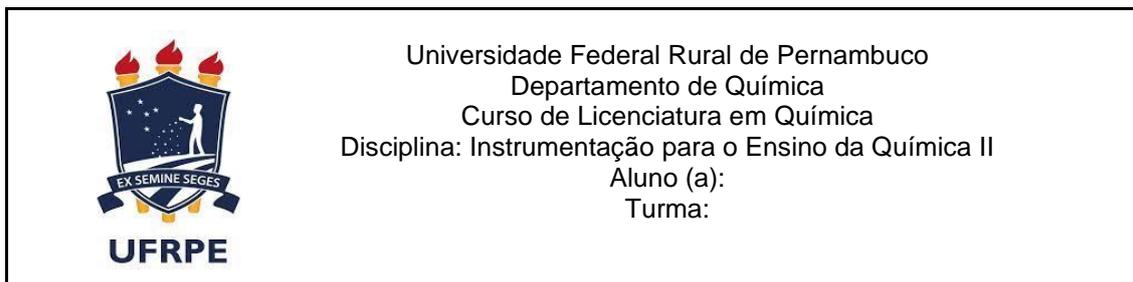
APÊNDICE C– FICHA COM O PROBLEMA P1

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Química
Curso de Licenciatura em Química
Disciplina: Instrumentação para o Ensino da Química II
Aluno (a):
Turma:

Problema P1:

Sabe-se que o aumento das concentrações de gases como CO_2 , CH_4 e N_2O na atmosfera é um dos fatores responsáveis pelo agravamento do efeito estufa. Alternativas para redução desses gases estão sendo utilizadas tanto nas cidades quanto no campo por meio da produção de Biogás. Nesse contexto solicitamos que você descreva as etapas do processo de obtenção de Biogás. Qual a matéria prima utilizada nesse processo? Há formação de novas substâncias nesse processo? Se sim, explique utilizando a linguagem/representação química. Qual a tecnologia envolvida na obtenção de Biogás?

APÊNDICE D– ATIVIDADE EXPERIMENTAL



Título: Produzindo Biogás

Objetivo de aprendizagem: Identificar os principais processos e parâmetros físico-químicos na obtenção do Biogás. Aprender a montar experimentos que simulem processos tecnológicos em pequena escala.

1) Materiais, vidrarias e reagentes

5 Garrafas plásticas (2L); 5 tampas com bico, 60 cm de mangueira (5x60cm), 5 Adaptadores de entrada saída de gás, 1 Fita veda rosca, 5 Bastões de vidro; 1 bomba de ar; 1 bacia com água

Sobras de alimentos trazidos pelos estudantes (200-500g); Esterco bovino; Água da torneira ou mineral; Liquidificador (residencial ou industrial); Balança semi-analítica; 5 Câmaras de ar. 1 Funil,

2) Procedimento

Teste de vedação

- Encha a câmara de gás com a bomba de ar;
- Use a tampa com o bico para fecha bem a garrafa (utilize veda rosca);
- Conecte a mangueira ao bico e ao adaptador de gás;
- Encaixe o adaptador à câmara de ar;
- Submersa o sistema na bacia com água e verifique se o sistema está vedado por completo.

Montagem

- Triture o resíduo de alimento no liquidificador e pese 75 g em um recipiente;
- Coloque o resíduo de alimento (75 g) na garrafa de plástico usando o funil e adicione 75 ml de água;
- Pese 75 g de esterco bovino fresco e adicione à garrafa com o funil.
- Feche a garrafa com a tampa e agite completamente;
- Conecte a mangueira ao bico e ao adaptador de gás;
- Encaixe o adaptador à câmara de ar (deve estar vazia);
- Rotule o biodigestor com nome do grupo, volume, data e tipo de resíduo;
- A configuração do experimento está pronta para produzir biogás

Figura 1: Biodigestor montado



Os grupos realizarão a montagem do experimento com resíduos de comida e mistura de esterco bovino (4 grupos). Um biodigestor será montado pelos alunos sem resíduo de alimentos, apenas com esterco e água nas mesmas proporções.

APÊNDICE E– RESOLUÇÃO DE QUESTÕES SOBRE O EXPERIMENTO



Universidade Federal Rural de Pernambuco
 Departamento de Química
 Curso de Licenciatura em Química
 Disciplina: Instrumentação para o Ensino da Química II
 Aluno (a):
 Turma:

Questões para resolução, discussão e sistematização

1. Descreva a composição do Biogás, utilizando a linguagem química.
2. Para o Biogás, solicitamos que você: defina, represente sua estrutura geométrica, e identifique a que função química este pertence.
3. Faça um desenho representando as principais etapas do processo de obtenção de Biogás, desde a entrada de resíduos orgânicos até a utilização do produto obtido.
4. Em qual das etapas é formado o biogás? Represente quimicamente as reações envolvidas nesse processo.
5. Considerando que utilizamos diferentes resíduos orgânicos no experimento, em qual dos biodigestores espera-se uma maior produção de Biogás? Justifique sua resposta.
6. Explique a função do esterco bovino no processo de produção de Biogás.

OBS: Durante o processo de resolução das questões sobre o experimento você poderá consultar vídeos e textos já trabalhados em sala ou outras fontes a seu critério e escolha.

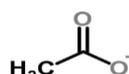
ESPELHO DE RESPOSTA

- 1) Descreva a composição do Biogás, utilizando a linguagem química.
 O biogás é composto pela seguinte proporção de gases: Metano (CH₄) – 55 a 65% Gás carbônico (CO₂) – 35 a 45% Nitrogênio (N₂) – 0 a 3% Hidrogênio (H₂) – 0 a 1% Oxigênio (O₂) - 0 a 1% Gás sulfídrico (H₂S) - 0 a 1% (PEREIRA *et al*, 2015)
- 2) Para o Biogás, solicitamos que você: defina, represente sua estrutura geométrica, e identifique a que função química este pertence.
 CH₄: O metano é um gás inodoro e incolor também é conhecido como gás de pântano ou hidreto de metila. É facilmente inflamado. Os vapores são mais leves que o ar. É usado na fabricação de outros produtos químicos e como constituinte do combustível, gás natural. O gás metano pertence à família dos hidrocarbonetos. Um hidrocarboneto é um composição orgânica que contém apenas átomos de carbono e hidrogênio. Com apenas um átomo de carbono e quatro átomos de hidrogênio, o metano (CH₄) é o hidrocarboneto mais simples e são compostos químicos o grupo dos alcanos.



Hidrocarboneto - Metano

CH_3COO^- : Acetato refere-se ao ânion acetato e ao grupo funcional éster acetato. O ânion acetato é formado a partir de ácido acético e tem uma fórmula química de CH_3COO^- . Na nomenclatura dos sais orgânicos utiliza-se o termo acetato ou etanoato e o nome do metal ligado a ele. $[\text{CH}_3\text{COO}]^- [\text{Na}]^+$ Acetato de sódio ou etanoato de sódio. Na nomenclatura dos ésteres utiliza-se o termo acetato ou etanoato e o nome do radical ligado a ele. $\text{CH}_3\text{COO} - \text{CH}_3$ Acetato de metila ou etanoato de metila



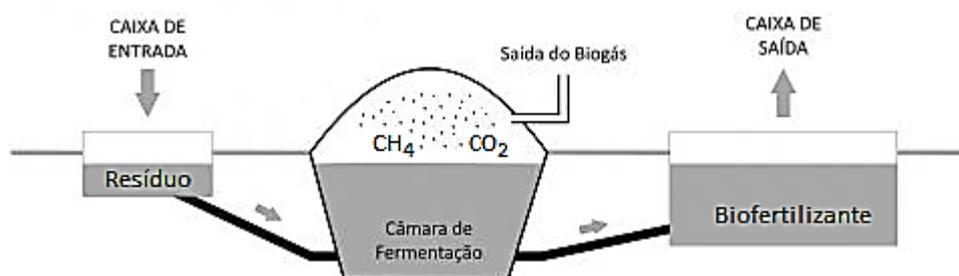
CO_2 :

O **dióxido de carbono** é uma substância composta cuja fórmula é CO_2 , pertence ao grupo dos óxidos e suas moléculas são formadas a partir de ligações covalentes entre um carbono e dois átomos de oxigênio, como na estrutura abaixo:



Fórmula estrutural do CO_2 :

- 3) Faça um desenho representando as principais etapas do processo de obtenção de Biogás, desde a entrada de resíduos orgânicos até a utilização do produto obtido.



- 4) Em qual das etapas é formado o biogás? Represente quimicamente as reações envolvidas nesse processo.

O Biogás (Metano e Gás Carbônico) é formado na fase metanogênica, onde as bactérias metanogênica reduzem o dióxido de carbono a metano e descarboxila o ácido acético produzindo metano e dióxido de carbono. A formação de metano ocorre por duas vias:

Hydrogenotrófica ou Redutora de CO_2 : Usando H_2 como doador de elétrons reduzindo o CO_2 em CH_4 : $4 \text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$

Acetoclásticas: Decomposição do acetato: $3\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$

- 5) Considerando que utilizamos diferentes resíduos orgânicos no experimento, em qual dos biodigestores espera-se uma maior produção de Biogás? Justifique sua resposta.

Nos estudos sobre biogás, não é conhecido exatamente qual o melhor ou mais eficiente material orgânico para produção de biogás, mas a combinação das variáveis e o controle fará com que um produto seja mais viável ou não para produção de metano em certas condições. Assim, para a matéria orgânica utilizada no experimento espera-se que casca de banana e arroz produzam mais biogás do que macarrão e feijão devido à alta quantidade de compostos voláteis (86 e 92 %).

Neste caso, A conversão de matéria orgânica em metano pode atingir entre 70 e 95 % (ARVANITOYANNIS; VARZAKAS, 2002). A matéria orgânica utilizada no experimento espera-se que casca de banana e arroz produzam mais biogás do que macarrão e feijão devido à alta quantidade de compostos voláteis (86 e 92 %). Neste caso, A conversão de matéria orgânica em metano pode atingir entre 70 e 95 % (ARVANITOYANNIS; VARZAKAS, 2002). e que os materiais orgânicos que possuem.

6) Explique a função do esterco bovino no processo de produção de Biogás.

O esterco serve como inóculo. A adição de inóculo contribui diretamente para a aceleração da estabilização da matéria orgânica. Tal característica se deve ao fato de a grande quantidade de micro-organismos promover boa relação carbono/nitrogênio e favorecer acesso ao substrato facilitando o “ataque das bactérias”, ser úmido, e em alguns casos adiciona agentes tamponantes que regulam o pH do processo. Afeta diretamente a última etapa da reação favorecendo assim a formação de metano

A utilização de inóculo é um processo de tratamento conjunto, de diferentes tipos de substratos (resíduos orgânicos alimentares). Estes substratos compensam-se, quanto às suas características físico-químicas, mas permitem, sobretudo quando combinados, aumentar a produção de biogás, por volume de digestor ocupado.

Vários componentes podem ser utilizados como inóculos: esterco de porco, esterco de boi, loos de tratamento de águas residuais e esgotos domésticos, lixiviados oriundos de aterros etc.

OBS: Durante o processo de resolução das questões sobre o experimento você poderá consultar vídeos e textos já trabalhados em sala ou outras fontes a seu critério e escolha.

APÊNDICE F– ROTEIRO DE VISITA AO LABORATÓRIO DO GRUPO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (GRS)

 <p>UFRPE</p>	<p>Universidade Federal Rural de Pernambuco Departamento de Química Curso de Licenciatura em Química Disciplina: Instrumentação para o Ensino da Química II Aluno (a): Turma:</p>
--	---

Objetivo: Observar e discutir os procedimentos de laboratório realizados no Laboratório do Grupo de Resíduos Sólidos: montagem, instrumentos, digestão anaeróbia, análise química do biogás e potencial energético.

Disposição dos alunos: Em grupo: durante a visita. Individual: Descrição da visita e relatório de visita

Atividades:

- Acompanhar atentamente a exposição do técnico do laboratório e professor que serão os mediadores da visita.

Respeitar as normas do laboratório e seguir as instruções do técnico e professor

Registrar por escrito os aspectos importantes do processo de obtenção de Biogás realizado no laboratório. Se for permitido, o registro fotográfico também pode ser feito.

Os alunos podem fazer perguntas durante a visita escolhendo o momento oportuno, seja durante ou no final da explanação.

Descrever de forma sucinta a visita registrando as impressões sobre a experiência da visita em relação a produção de biogás (preparação das amostras, resíduos orgânicos em processo, técnicas físico-químicas de caracterização de resíduos, equipamentos para controle de produção, análise de gás).

Ao final da visita responda faça um relatório articulando as atividades da visita ao seguinte questionamento:

Faça uma discussão sobre como a pesquisa feita no laboratório pode influenciar a produção de biogás em nível prático e mais eficiente? Leve em consideração o experimento realizado na aula experimental e discussões em sala de aula

Relatório de Visita de Campo (Modelo)

Descrever de forma sucinta a visita registrando as impressões sobre a experiência da visita em relação a produção de biogás:

Preparação das amostras

Tipos de resíduos orgânicos em processo

Técnicas físico-químicas de caracterização de resíduos

Equipamentos para controle de produção

Análise de gás

Faça uma discussão sobre como a pesquisa feita no laboratório pode influenciar a produção de biogás em nível prático e mais eficiente? Leve em consideração o experimento realizado na aula experimental e discussões em sala de aula.

Relatório para ser entregue na próxima aula (09/07/18). O relatório deve ser feito com o mesmo grupo trio ou dupla da aula experimental.

APÊNDICE G– PRODUÇÃO TEXTUAL



Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Química
Curso de Licenciatura em Química
Disciplina: Instrumentação para o Ensino da Química II
Aluno (a):
Turma:

Considerando todas as aulas e levando em considerações todas as discussões, atividade experimental, visita de campo e textos estudados, faça um texto corrido que compreenda os seguintes itens:

- 1 Composição Química do Biogás
 - Transformações físicas e químicas da produção de Biogás
 - Principais reações orgânicas e funções orgânicas.
 - Funcionamento de um Biodigestor
 - Fatores que influenciam sua produção.
 - Vantagens e desvantagens da tecnologia do Biogás.