

ÁGUAS DE MANI: Proposta de uma sequência didática utilizando a temática “manipueira como biofertilizante” para o ensino de Química contextualizado

Thamiris Santana dos Santos¹
Gil Luciano Guedes dos Santos²

Resumo

O processo de institucionalização de um ensino de Ciências estruturado no Brasil foi difícil, lento e foi consolidado apenas a partir do século XIX. A experimentação atrelada ao contexto pode ser utilizada como estratégia pelos educadores, auxiliando a criação de problemas que envolvam a realidade dos educandos, despertando questionamentos, estímulos e interesse pela investigação. Entendendo a importância da contextualização para melhor assimilação e compreensão do conteúdo, utilizamos a "manipueira" como temática para o desenvolvimento deste trabalho. A "manipueira" é um líquido substrato da prensa da polpa da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e tem sido utilizada como biofertilizante na produção de hortaliças por conter elevados níveis de K, N, Mg, P, Ca, S, Fe e B. Nesta perspectiva, este trabalho teve como objetivo principal "propor uma sequência didática tendo como temática 'o uso da manipueira como biofertilizante' como proposta contextualizada para ensino de funções orgânicas". A proposta apresentada para uma sequência didática nesta pesquisa apresenta caráter qualitativo, sendo sugerida a modalidade de pesquisa de campo. Os dados para avaliação desta proposta serão obtidos por meio de questionários semiestruturados e atividades desenvolvidas durante as aulas. Com os resultados obtidos, espera-se uma melhoria na aprendizagem dos participantes, fomentada pelas atividades experimentais contextualizadas desenvolvidas na sequência de aulas proposta. Assim, com o advento de um ensino não convencional, baseado no contexto da região e do estudante, acreditamos no potencial desta proposta para a melhoria do ensino e em uma aprendizagem mais significativa para cada um dos participantes envolvidos.

Palavras-chave: Ensino de Química. Contextualização. Manipueira.

Abstract

The process of institutionalizing structured science education in Brazil was difficult, slow and was only consolidated from the 19th century onwards. Experimentation linked to the context can be used as a strategy by educators, helping to create problems that involve the reality of students,

¹Licencianda em Química. Centro de Formação de Professores. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Email: santana.t@aluno.ufrb.edu.br.

²Doutor em Química pela UFBA. Professor Associado do curso de Licenciatura em Química do Centro de Formação de Professores. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia Email: gilluciano@ufrb.edu.br.

arousing questions, stimuli and interest in research. Understanding the importance of contextualization for better assimilation and understanding of the content, we used "*manipueira*" as a theme for the development of this work. The *manipueira* is a liquid substrate of the cassava pulp press (*Manihot esculenta* Crantz) and has been used as a biofertilizer in the production of vegetables because it contains high levels of K, N, Mg, P, Ca, S, Fe and B. In this perspective, this work had as main objective "to propose a didactic sequence with the theme 'the use of manipueira as a biofertilizer' as a contextualized proposal for teaching organic functions". of field research. The data for the evaluation of this proposal will be obtained through semi-structured questionnaires and activities developed during the classes. Thus, with the advent of unconventional teaching, based on the context of the region and the However, we believe in the potential of this proposal for the improvement of teaching and for a more meaningful learning for each of the participants involved.

Keywords: Chemistry teaching. Contextualization. *Manipueira*.

Introdução

Para consolidar as disciplinas da área de Ciências nas escolas de todo mundo um grande caminho foi percorrido. Para Filgueiras (1988), o processo de institucionalização de um ensino de Ciências estruturado no Brasil foi difícil e levou muito tempo, de modo que foi estabelecido somente a partir do século XIX. O ensino de Química teve início na década de 1950 com a inserção do ensino das Ciências Naturais com o objetivo de impulsionar o avanço da ciência e tecnologia, dos quais dependia o progresso do país, que passava por um processo de industrialização (KRASILCHIK, 2000). No entanto, durante algumas décadas seus objetivos foram sendo adaptados conforme o contexto histórico e social.

Ao longo dos tempos, a necessidade da contextualização do ensino de Química com a realidade dos educandos está relacionada de forma clara como uma maneira de facilitar o desempenho dos discentes, fazendo um paralelo da teoria com a prática. Nessa perspectiva, o sucesso do desenvolvimento dos alunos tem sido refletido na motivação para aprender, buscando novos conhecimentos, pois a interação com o mundo faz com que o aluno desenvolva seus primeiros conhecimentos químicos por meio de atividades do dia a dia (AUSUBEL, 1982).

Como mera exemplificação ou ilustração para ensinar conhecimentos químicos, Jiménez Lizo, Sanches Guadix e De Manuel (2002) apontaram que o estudo nessa perspectiva utiliza os fenômenos cotidianos nas aulas como exemplos imersos em meio aos conhecimentos científicos teóricos, numa tentativa de torna-lhes mais compreensíveis. Geralmente, tais situações são introdutórias aos conteúdos teóricos e têm o objetivo de chamar a atenção do aluno, aguçar sua

curiosidade, porém unicamente motivacional, com exclusivo propósito de ensinar conteúdos (CAJAS, 2001).

Segundo Guimarães (2009), a experimentação pode ser utilizada como estratégia pelos educadores para auxiliar na criação de problemas que envolvam a realidade dos educandos, despertando nestes alguns questionamentos, estímulos e vontade de investigar sobre o mesmo. Com isso, a experimentação acaba promovendo aos alunos um momento de interação, aproximando cada vez mais o conteúdo visto na teoria com a realidade da prática.

Para Chassot (2014), a Química se faz muito presente no cotidiano das pessoas e por conta disso seu ensino precisa de outra dimensão, isto é, ensinar química não é somente fazer uma transmissão de conhecimentos químicos e sim, fazer com que esses conhecimentos sejam verdadeiros instrumentos para auxiliar na melhoria da educação, ou seja, é “fazer educação por meio da química”. Dessa forma, um dos instrumentos utilizados pelos educadores para melhorar a compreensão dos conhecimentos químicos é a experimentação.

Com o passar os anos houve a necessidade da contextualização do ensino de Química com a realidade dos educandos. A contextualização está relacionada de forma clara com a maneira de facilitar o desempenho dos discentes fazendo um paralelo da teoria com a prática. Uma das formas para promover um *link* entre a Química e o dia a dia do aluno é discutir temáticas relacionadas ao ambiente na qual os indivíduos estão inseridos. Em uma atividade experimental investigativa realizada por Ferreira, Hartwig e Oliveira (2010), tendo como objetivo a determinação do teor de álcool na gasolina, os alunos puderam relacionar os conteúdos químicos discutidos em sala de aula com a situação presente no seu dia a dia.

Diante destes fatores, quando as aulas se tornam mais dinâmicas e conduzidas de maneira simples, de fácil entendimento, os alunos conseguem absorver/compreender melhor o conteúdo. Entendendo a importância da contextualização para melhor assimilação e compreensão do conteúdo, propomos para este trabalho, a utilização da manipueira como biofertilizante como temática contextualizada para o ensino de Química. A manipueira é um líquido substrato da prensa da polpa da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), uma raiz oriunda da América do Sul, e adaptada ao clima tropical do Brasil, mais precisamente na região nordeste, na qual, concentra-se sua maior produção.

A manipueira tem sido utilizada como biofertilizante na produção de hortaliças. Ponte (1999) analisou a composição deste produto e verificou a presença de elevados níveis de K, N, Mg, P, Ca, S, Fe e B. Este resultado evidenciou que a manipueira pode ser utilizada como um excelente adubo natural alternativo, desde que esse líquido seja fermentado de forma anaeróbica ou mista (repouso com agitação manual) durante 15 dias.

Além disso, está raiz é conhecida pelas suas inúmeras utilidades, podendo ser utilizada para fins alimentícios como, fécula de mandioca, farinha de mandioca entre outros; na agricultura ela pode ser utilizada como pesticida, biofertilizante e auxílio na alimentação do gado; como a produção da matéria-prima (mandioca) é alta, conseqüentemente a quantidade de “sumo” (manipueira) que é produzida por meio de uma prensa, também é obtida em grande quantidade. Esse subproduto é rico em cianeto e em outros micronutrientes que podem ser utilizados de forma benéfica como fertilizante ou inseticida; porém, se descartado de forma incorreta em rios, lagos ou no solo, podem acarretar danos ao meio ambiente e/ou provocar a morte de seres vivos (SILVA; MURRIETA, 2014).

Alguns agricultores, por falta de informação, descartam a manipueira de maneira inapropriada na natureza, causando a poluição do solo e das águas, provocando grandes prejuízos ao meio ambiente e ao homem, por acreditarem que a mesma não lhes servia, e se algum animal chegasse a consumir, viria a óbito, pois possui alta concentração de cianeto; no entanto, com o passar dos anos e a partir de novas pesquisas, a maneira correta de se utilizar foi aprimorada. Para que a manipueira possa ser utilizada, o mesmo precisa de um tempo específico para “descansar” por um determinado período, pois como o cianeto é volátil o líquido ficará adequado para a utilização (PACHECO, 2017).

Esta pesquisa foi pensada a partir da observação de fatos que ocorrem aqui em nossa região, Recôncavo da Bahia e Vale do Jiquiriçá. Na zona rural da cidade de Mutuípe, por exemplo, existem casas de produção de farinha de mandioca, na qual é produzida a própria farinha e alguns subprodutos da mandioca; com isso o sumo da prensa é, em geral, descartado sem cuidado algum no solo e nos corpos d'água, sem o mínimo de compreensão de como reutilizar este resíduo para o benefício na alimentação do gado ou como biofertilizante, do qual é o foco desta pesquisa. Assim, com a utilização desta temática, esperamos uma maior compreensão da importância da cultura da mandioca e de seus subprodutos presente na região e também no

cotidiano dos alunos, uma vez que grande parte deles residem na zona rural e a base da economia é a agricultura familiar (MARINHO, 2021).

Observando que este resíduo, em geral, é descartado incorretamente por alguns agricultores da região, surgiu o seguinte questionamento que orientou esta pesquisa: *A utilização da manipueira como biofertilizante poderá contribuir para uma melhor aprendizagem dos conteúdos de química para o Ensino Médio de maneira contextualizada?* A partir desta pergunta, surgiu o seguinte objetivo geral para esta pesquisa: “avaliar os limites e potencialidade de uma de sequência didática, tendo como temática contextualizada ‘o uso da manipueira como fertilizante’, como proposta contextualizada para ensino de funções orgânicas”. Desta forma, com o questionamento apresentado e, analisando os possíveis resultados que serão obtidos, será possível a verificação ou não da estratégia metodológica utilizada com base na temática recomendada para melhor compreensão do conteúdo sugerido.

Experimentação no ensino de Química

Segundo Guimarães (2009), a experimentação é um método que pode ser utilizado como estratégia pelos educadores para auxiliar na criação de problemas que envolvam a realidade dos educandos, despertando nestes alguns questionamentos, estímulos e vontade de investigar. Com isso, a experimentação acaba promovendo aos alunos um momento de interação, aproximando cada vez mais o conteúdo visto na teoria com a realidade da prática.

Para Chassot (2014), a Química se faz muito presente no cotidiano das pessoas e por conta disso seu ensino precisa de outra dimensão, isto é, ensinar química não é somente fazer uma transmissão de conhecimentos e sim fazer com que esses conhecimentos sejam verdadeiros instrumentos para auxiliar na melhoria da educação, ou seja, é um “fazer educação por meio da química”. Um dos instrumentos utilizados pelos educadores para melhorar a compreensão dos conhecimentos químicos é a experimentação.

O uso da temática “manipueira” como experimentação na sala de aula é uma possibilidade para a aprendizagem, pois a mandioca é um produto alimentício comumente consumido e utilizado para diversos fins na região, na qual é considerada grande produtora de farinha de mandioca. A possível pesquisa sobre este tema poderá proporcionar algumas indagações

relacionadas aos conteúdos químicos, tais como, identificação dos grupos orgânicos, métodos de extração convencional e não convencional, análises de pH, dentre outros possíveis conteúdos de serem abordados.

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

A mandioca, também conhecida como aipim, maniva, macaxeira, uaipe e castelinha, é uma planta de grande importância para a alimentação mundial, sendo o cultivo de maior importância depois do trigo, arroz, milho, batata e cevada. Essa planta caracteriza-se por ser uma importante fonte de amido, sendo utilizada tanto na alimentação humana como na de outros animais (MUNDIM, 2014). A cultura da mandioca é considerada como a principal fonte de carboidrato para mais de 925 milhões de pessoas, principalmente nos países em desenvolvimento (IBGE, 2011). A análise físico-química realizada por Oliveira (2013) apontou que a polpa dessa raiz possui aproximadamente 62% de amido.

Além disso, esta raiz é conhecida pelas suas inúmeras utilidades, pode ser utilizada para fins alimentícios como fécula de mandioca, farinha de mandioca, produtos artesanais como sabões e na agricultura ela pode ser utilizada como pesticida, adubo, biofertilizante, e auxílio na alimentação do gado (PINHEIRO, 2019). Como a produção da matéria-prima (mandioca) é alta e, conseqüentemente, a quantidade de “sumo” (manipueira) que é produzida por meio de uma prensa, também é obtida em grande quantidade. Esse subproduto é rico em cianeto e em outros micronutrientes que podem ser utilizados de forma benéfica como fertilizantes ou inseticidas. Por outro lado, se descartado de forma incorreta em rios, lagos ou no solo, podem acarretar danos ao meio ambiente e/ou provocar a morte de seres vivos (CHISTÉ; OLIVEIRA, 2006).

Manipueira como subproduto da mandioca

A mandioca é uma raiz oriunda da América do Sul e adaptada ao clima tropical do Brasil, mais precisamente na região nordeste onde se concentra sua maior produção. Pode ser utilizada como biofertilizante na produção de hortaliças, pois segundo Ponte (1999), devido a boas dosagens de micronutrientes, destacam-se os elevados níveis de K, N, Mg, P, Ca, S, Fe e B,

Segundo a Ferreira (2001) a manipueira é a água de constituição da raiz ou do suco celular, misturada às águas de lavagem das raízes, que é produzida na etapa da prensagem da massa ralada para a produção da farinha de mesa. No Estado do Pará, especialmente, este descarte é conhecido regionalmente como “tucupi”, quando é originada de raízes de mandioca de polpa amarela, e de “manipueira”, quando é extraída de raízes de polpa branca. Diante disto, a manipueira, que geralmente é descartada, pode ser aproveitada como um excelente fertilizante natural alternativo.

Esse descarte incorreto constitui um dos maiores problemas ao meio ambiente, muito recorrente em casas produtoras de derivados da mandioca. Tais problemas ambientais causados pela disposição inadequada deste resíduo são oriundos, em geral, do alto valor de sua demanda bioquímica de oxigênio - DBO, vinculado ao grande volume produzido. O valor médio da DBO da manipueira varia de 14.000 mg/L até 34.000 mg/L e o volume, de 300 L a 3.000 L por tonelada de raízes processadas, quando se trata da produção de farinha de mesa ou de fécula, respectivamente (Ferreira, 2001).

Fioretto (1994) em um estudo para verificação da “população equivalente” comparou a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de despejos orgânicos, gerados por esta atividade industrial, com a contribuição normal "per capita" de esgotos domésticos e constatou que o índice equivalente em DBO (5 dias, 20 °C) em uma fecularia e uma casa de farinha foi de 54 gramas/habitante/dia referente a uma tonelada de raízes processadas por dia; individualmente, equivalem, respectivamente, à poluição causada por 200 a 300 e 150 a 200 habitantes/dia. Assim, constatamos que esse subproduto da produção de farinha constitui um grande problema ambiental, quando descartados de forma incorreta.

A fermentação da manipueira é uma das alternativas para minimizar os impactos ambientais causados pelo seu descarte. A linamarina, responsável pela liberação do HCN, é hidrolisada pela enzima linamarase e sua atividade vai sendo reduzida aos poucos em função do meio fortemente ácido causado pela fermentação, conforme é apresentado na Figura 1. Segundo Lopes (2001), essa reação de hidrólise nos glicosídeos cianogênicos produz glicose e alfa-hidroxinitrilas, que por sua vez, ao ser catalisado por uma hidroxinitrilalase, transforma-se em ácido cianídrico e nas cetonas correspondentes.

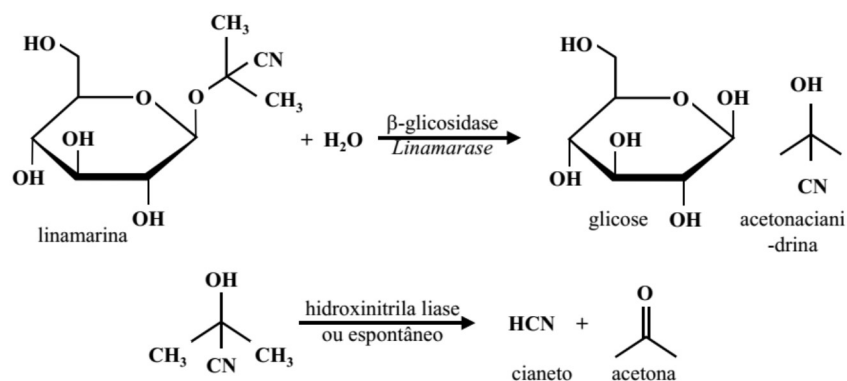


Figura 1 – Processo de liberação do cianeto. Fonte: LOPES (2001)

Funções Químicas

A Química Orgânica é uma área da Química que estuda os compostos de carbono e outros elementos que são encontrados em organismos vivos ou não. No escopo da Química Orgânica encontramos as Funções Orgânicas como uma das derivações desta área. As funções orgânicas constituem um grupo de compostos orgânicos que apresentam semelhança na fórmula estrutural e, portanto, propriedades químicas semelhantes (SOLOMONS; FRYHLE, 1999).

Cada função orgânica tem seu grupo funcional específico, podendo ser um átomo ou um grupo de átomos. As funções são divididas em hidrocarbonetos, funções oxigenadas, nitrogenadas, halogenadas entre outras. Além disso, podem ser classificadas em compostos orgânicos naturais e artificiais (SOLOMONS; FRYHLE, 1999). Neste trabalho estamos propondo o estudo dos compostos químicos presentes na manipueira, como a linamarina, como temática contextualizada para o estudo das funções orgânicas.

Funções orgânicas presentes na manipueira

A mandioca é rica em açúcares, amidos, proteínas, linamarina, sais e outras substâncias. De todos os resíduos advindos do processamento da mandioca, a manipueira é o mais poluente e tóxico, pois possui elevada carga orgânica e a linamarina, que é um glicosídeo cianogênico, do qual origina o ácido cianídrico (HCN), que pode trazer sérios problemas ambientais, tais como:

redução do oxigênio dissolvido e eutrofização dos corpos d'água, morte da fauna aquática e dos animais que consomem a água com excesso de gás cianídrico (DUARTE, 2012).

A partir do conhecimento dos micros e macros nutrientes presente na composição da manipueira é possível fazer inferências acerca das funções orgânicas presentes em algumas estruturas moleculares, tais como a linamarina, vitamina A (β -caroteno, presente na mandioca amarela), proteínas etc. Na molécula de β -caroteno, por exemplo, podemos verificar a presença de hidrocarbonetos. Dessa forma é possível abordar alguns conteúdos, como as funções orgânicas presentes nos diversos compostos encontrados na mandioca e em seus derivados, em especial, a manipueira e em seguida transcender esse conhecimento para as principais funções orgânicas.

Simões (2017) utilizou a temática agrotóxico para ensinar os conceitos iniciais de Química Orgânica em uma turma do 3º ano da Educação de Jovens e Adultos. A partir dessa temática, foi possível discutir também (e não menos importante) os problemas ambientais e à saúde, causados pelo uso indiscriminado dos agrotóxicos. A autora mostrou moléculas químicas presentes em alguns agrotóxicos, como a cipermetrina (Figura 2), e contemplou alguns conteúdos, tais como ligações químicas, estrutura das moléculas orgânicas, classificação do carbono e classificação das cadeias carbônicas.

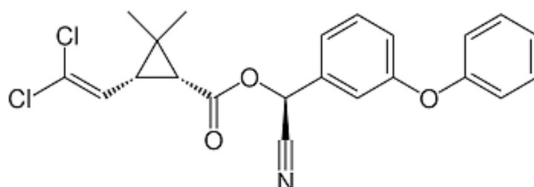


Figura 2 – Estrutura molecular da Cipermetrina. Fonte: SIMÕES (2017).

Percurso Metodológico

A sequência didática proposta apresentada neste trabalho pautou-se na temática “Manipueira como Biofertilizante”, que foi pensada para ser desenvolvida no 3º Ano do Ensino Médio regular ou em um curso Técnico em Agropecuária integrado ao Ensino Médio (por ser um curso que possui muita afinidade com a temática). Além das questões a serem discutidas sobre a produção do biofertilizante naturais, sugerimos apresentar ainda a relação da referida temática com os conceitos químicos, tais como grupos funcionais e funções orgânicas, tendo como tema

transversal às questões ambientais relacionadas ao descarte indevido dos rejeitos da produção dos derivados da mandioca no solo e nas águas.

A proposta da sequência didática que será apresentada tem caráter qualitativo. Para Bogdan e Biklen (1982), este tipo de abordagem visa explicar os resultados sem quantificar os valores. A pesquisa qualitativa supõe o contato direto e prolongado com o ambiente e a situação que está sendo investigada, por meio do trabalho interativo de campo.

A modalidade de pesquisa recomendada é uma pesquisa de campo. Gil (2008) enfatizou que o Estudo de Campo procura o aprofundamento de uma realidade específica. Nesse sentido, a sequência didática será essencialmente realizada por meio da observação direta das atividades do grupo estudado e de questionários com os participantes para captar as explicações e interpretações que ocorrem naquela realidade. Para Fonseca (2002), a pesquisa de campo se caracteriza pelas investigações em que além da pesquisa bibliográfica e/ou documental, se realiza coleta de dados entre as pessoas.

Para a obtenção desses dados referente ao aprendizado, sugerimos algumas estratégias, tais como: questionários, textos, vídeos, mapa conceitual, experimentação etc. O uso de questionários no início e final da sequência didática servirá como um termômetro para termos um diagnóstico da real situação dos estudantes envolvidos. Assim, será possível posteriormente, realizar a avaliação da evolução conceitual dos participantes acerca da temática abordada. Minayo (2004, p. 108) afirmou que, o questionário semiestruturado “combina perguntas fechadas (ou estruturadas) e abertas, onde o entrevistado tem a possibilidade de discorrer o tema proposto, sem respostas ou condições prefixadas pelo pesquisador”. A interpretação dos dados poderá ser realizada por meio da Análise de Conteúdo. A análise de conteúdo é definida como um conjunto de técnicas de exploração de documentos, que utiliza procedimentos sistemáticos, para procurar identificar os principais conceitos ou os principais temas abordados em um determinado texto (OLIVEIRA, et al., 2003).

Na proposta apresentada, a sequência didática seria realizada em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio; respeitando as questões éticas e morais que dizem respeito à pesquisa realizada com seres humanos, conforme a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS), nº 510/2016, será necessário solicitar à direção e ao professor responsável pela turma uma autorização para a realização da intervenção por meio da Carta de Anuência. Os alunos com

idade menor que 18 anos assinariam o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e os pais ou responsáveis por esses alunos assinariam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Nos termos são informados que esses sujeitos foram convidados a participar de maneira voluntária, ficando cientes dos benefícios e riscos relacionados à pesquisa.

A sequência didática proposta foi elaborada seguindo os três momentos pedagógicos propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009): a *problematização*, a *organização do conhecimento* e a *aplicação do conhecimento*. No Quadro 1 são apresentadas, de forma resumida, as atividades propostas em cada momento da sequência.

Quadro 1 - Descrição das atividades da sequencias didática em cada momento pedagógico proposto por Delizoicov, Angotti e Pernambuco.

Momentos	Aulas	Atividades propostas
Problematização	1, 2	Este momento inicial tem como objetivo realizar a ligação da temática abordada com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, porém, não conseguem interpretar completa ou corretamente, pois, possivelmente não possuem ainda os conhecimentos científicos suficientes.
Organização do conhecimento	3, 4, 5, 6, 7	Nestas aulas, os conhecimentos de Química necessários para o conhecimento do tema e da problematização inicial serão sistematicamente estudados sob a orientação do professor.
Aplicação do conhecimento	8	Pretende-se neste momento compreender, o grau de entendimento que vem sendo incorporado pelo aluno e, desta forma, analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento.

Fonte: Adaptado de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009)

Para o desenvolvimento das atividades previstas na sequência didática, foram planejadas oito aulas/momentos com duração de 50 minutos cada. Algumas estratégias e recursos didáticos foram sugeridos, tais como: levantamentos das concepções prévias, textos, questionários, experimentos, projetor de multimídia, vidrarias, reagentes e vídeos etc. A utilização dessas

estratégias se dá com a finalidade de promover uma aprendizagem mais significativa e que possa contribuir com o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes envolvidos.

Sequencia Didática proposta

Na sequencia didática proposta, elaboramos um material alternativo que pudesse abordar o ensino de Química Orgânica, atrelado a uma temática contextualizada, privilegiando os aspectos qualitativos em detrimento dos quantitativos. Dessa forma, os estudantes poderão ter subsídios importantes para encontrar mais significado na aprendizagem dos conceitos envolvidos nos conteúdos. Assim, a sequência didática visa amparar os professores em sua prática pedagógica, incorporando a esses diversos recursos, desde o uso de vídeos, simulações, experimentação etc, que permite ao usuário observar, refletir e discutir sobre o tema em estudo.

Para a sistematização da sequencia didática, elaboramos um quadro com as principais características da proposta. No desenvolvimento da sequência didática, as atividades propostas foram planejadas para ser realizadas em oito aulas. Os primeiros três momentos, serão conduzidos por três aulas com duração de 50 minutos cada; os dois momentos seguintes serão desenvolvidas em duas aulas de 50 minutos cada (de preferência geminadas), contabilizando quatro aulas, pois as atividades previstas, como a experimentação, irão requerer um maior tempo para a sua realização; no último momento teremos a oitava aula, com duração de 50 minutos. As estratégias e recursos didáticos sugeridos, como levantamentos das concepções prévias, textos, questionários, experimentos, projetor de multimídia, vídeos etc e a descrição de cada etapa, são apresentados no Quadro 2. A realização desta sequência didática tem a finalidade de proporcionar uma aprendizagem mais significativa e que possa auxiliar o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes envolvidos.

Quadro 2 – Descrição da sequência didática (SD)

Momentos	Etapa	Estratégias de Ensino/Recursos	Conteúdos
Aula 1	Apresentação da Proposta	Apresentar aos estudantes o processo de desenvolvimento da SD, desde o tema até os resultados esperados no final da proposta. Um texto* ³ abordando a temática poluição dos solos e das águas pode ser lido e discutido em sala de aula.	Manipueira como biofertilizante.
Aula 2	Concepções prévias sobre a temática	Levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes; leitura de textos e resolução do questionário inicial.	Cultura da mandioca; Composição química da mandioca e da manipueira; Impactos ao meio ambiente pelo descarte dos subprodutos da produção dos derivados da mandioca; Funções orgânicas presentes nos compostos químicos existentes na manipueira.
Aula 3	Apresentação da temática e dos fundamentos químicos referentes à temática.	Familiarização com a temática e apresentação da composição química e dos compostos orgânicos presentes na manipueira e discussão dos problemas ambientais causados pelo seu descarte de forma inapropriada. Vídeo ⁴ sobre os problemas ambientais causados pelo descarte da manipueira no solo ou nas águas e seu aproveitamento	Histórico sobre a mandioca, suas variedades e importância econômica, social e as questões ambientais causadas pelo seu descarte;

³ Link para texto sugerido: <https://core.ac.uk/download/pdf/228489881.pdf>

⁴ Ciência no Semáforo sobre a Manipueira (UNIVASF): <https://www.youtube.com/watch?v=7DOsGm4quD0>

Aula 4 Aula 5	Experimentação	como biogás ou adubo natural. Realização da atividade experimental de produção do biofertilizante a partir da manipueira extraída da raiz da mandioca. Montagem do aparato laboratorial para a extração da manipueira.	Processo fermentativo; Funções orgânicas; Reações químicas; Vidrarias laboratoriais; Poluição ambiental.
Aula 6 Aula 7	Introdução às funções orgânicas	Apresentação das estruturas das principais funções orgânicas presentes nos compostos químicos da manipueira; Apresentar e classificar as principais funções orgânicas de forma genérica, mostrando a presença na composição dos mais diferentes tipos de substâncias; Realização de um <i>Quiz</i> sobre as funções orgânicas.	Funções Orgânicas; Classificação das principais funções orgânicas; Nomenclatura das funções orgânicas; Funções orgânicas presentes em produtos derivados da mandioca.
Aula 8	<i>Feedback</i> das experiências da sequências didática.	Verificação do aprendizado dos estudantes por meio de questionário; Relatos da experiência da produção do biofertilizante e das questões ambientais envolvidas no processo; Elaboração de um mapa mental; Discussão dos principais descritores apontados no mapa mental. Avaliação final da sequência didática e indicação dos pontos positivos e negativos da proposta.	Funções Orgânicas; Classificação das principais funções orgânicas; Nomenclatura das funções orgânicas; Funções orgânicas presentes em produtos derivados da mandioca.

Fonte: Próprios autores

No primeiro momento de desenvolvimento da sequência didática (aulas 1 e 2), o professor deve realizar a sua apresentação e falar dos objetivos propostos para a atividade. Após esse preâmbulo, um questionário deve ser respondido pelos estudantes com o intuito de averiguar os conhecimentos prévios e realização de um diagnóstico inicial da turma. Segundo Grilli e Cardozo (2022, p. 1), “a realização de uma avaliação diagnóstica no início dos cursos é uma prática difundida e recomendada na educação formal. Fornece dados valiosos para o planejamento educacional, apontando as metas e objetivos de cada um dos níveis de ensino: fundamental, médio e superior (tradução nossa)”. Assim, o professor poderá perceber o nível de conhecimento que a turma possui acerca da temática e dos conteúdos que serão estudados. Para esta etapa estão previstos duas aulas de 50 minutos cada.

No segundo momento (aula 3), é iniciada a apresentação da temática com uma abordagem histórica sobre a origem da mandioca e buscar informações acerca do conhecimentos deles sobre essa raiz tão importante para a alimentação e cultura brasileira. Para manter a interatividade da aula, o professor pode levantar alguns questionamentos, tais como: *Qual a origem da mandioca? Vocês consomem algum derivado da mandioca? Quais desses produtos da mandioca vocês consomem? Vocês conhecem alguém que cultiva essa planta? Será que na produção dos derivados da mandioca são gerados resíduos? Se sim, será que esses resíduos são tóxicos?* Com essas indagações, por exemplo, possivelmente o professor irá obter informações mais pormenorizadas do conhecimento da turma sobre a temática e verificará se existe alguma conexão entre a sua abordagem e a vivência dos alunos. Outra sugestão é utilizar um vídeo abordando “o aproveitamento da manipueira como biogás e como adubo natural” e em seguida discutir com os participantes a importância da cultura da mandioca no Brasil, considerando o contexto social, econômico, ambiental e cultural.

Santos et al. (2012) realizaram uma atividade contextualizada usando a temática “lixo e reciclagem” e constataram que a estratégia desenvolvida auxiliou na construção de uma aprendizagem significativa sobre os conceitos químicos, além de propiciar aos alunos um posicionamento crítico-reflexivo, considerando as implicações sociais, econômicas e atitudinais da temática. Dessa forma, percebemos que a abordagem contextualizada da temática “manipueira” e o conhecimento da relação entre a temática e o cotidiano dos estudantes, pode promover a aprendizagem dos conteúdos de forma mais significativa.

Na sequência, iniciaremos o momento na qual será realizada a produção do biofertilizante (aulas 4 e 5). Inicialmente, o professor disponibilizará para os alunos um roteiro contendo uma breve introdução sobre o histórico da mandioca e seus subprodutos, os objetivos da atividade, os materiais que serão utilizados, os procedimentos e as sugestões de leitura. A elaboração do roteiro poderá ser orientada pelo texto “Manipueira: Um Adubo Orgânico em Potencial”, elaborado por Ferreira et al. (2001) e disponibilizado pela Embrapa Amazônia⁵. A experimentação sugerida é a demonstrativa investigativa, na qual os estudantes observarão a produção do biofertilizante e, ao mesmo tempo, os estudantes serão indagados e irão propor soluções, formular estratégias e levantar hipóteses.

Assim, espera-se com o desenvolvimento do experimento que os alunos possam construir conceitos científicos relacionados à produção do biofertilizante tendo como pano de fundo (mas não menos importante) as questões ambientais concernentes ao descarte dos subprodutos da produção, em especial os compostos cianídricos.

No Quadro 3 são apresentadas, de forma resumida, as etapas referente a realização do experimento.

Quadro 3 - Etapa de realização do experimento de produção do biofertilizante

Etapa	Descrição da atividade
I	Apresentação dos objetivos do experimento e leitura do roteiro.
II	Extração da manipueira da mandioca e preparo do biofertilizante utilizando o método recomendado por Ferreira (2001).
III	Aplicação da manipueira na lavoura.
IV	Avaliação dos resultados.

Fonte: Próprios autores.

Conforme mostrado no Quadro 1, pode-se verificar que a Etapa II é o momento de produção do biofertilizante a partir da manipueira extraída da mandioca. A Embrapa Amazônia orienta a extração da manipueira e seu tratamento para a utilização (FERREIRA, 2001).

Após a colheita, as raízes foram conduzidas ao Laboratório de Agroindústria, onde foram lavadas, descascadas e raladas. A seguir, foram submetidas à prensagem para extração da manipueira e deixadas em repouso por 15 minutos para decantação, com a finalidade de separar a manipueira do amido e resíduos sólidos mais pesados de polpa (FERREIRA, 2001, p. 8).

⁵ Link para acesso ao texto: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/403315/1/OrientalDoc107.PDF>

Essa primeira etapa é importante para separar a manipueira da goma, que fica em suspensão no líquido extraído. Na segunda etapa, a manipueira passa por um processo de fermentação anaeróbica entre 15 e 20 dias para que possa ser utilizada como biofertilizante (FERREIRA, 2001).

Assim, recomendamos que o professor prepare uma amostra da manipueira fermentada antecipadamente (15 dias de antecedência) para ilustrar o experimento e para que os alunos perceba o estado final do produto. Dessa forma, uma das atividades que podem ser realizadas após a extração do líquido da mandioca é o acompanhamento do processo de plantio e crescimento das plantas adubadas com o biofertilizante, utilizando uma ficha para anotações, tais como, cultivar utilizado (milho, feijão, alface etc), tempo de plantio, crescimento das plantas (em centímetros), comparação com outros tipos de adubo (adubo químico ou sem adubação).

Em um estudo conduzido por Duarte et. al. (2012), alguns experimentos foram realizados para verificar o efeito ocasionado pelo uso de diferentes doses de manipueira nas características agrônômicas da alface em substituição à adubação mineral. Os autores constataram que o uso da manipueira serviu como fonte de adubação para a cultura da alface, dependendo da dose aplicada. Assim, pode-se verificar que a experimentação realizada durante a sequência didática pode promover uma maior interação e interesse dos alunos pela aula e, conseqüentemente, podemos obter melhores resultados na aprendizagem.

Após a realização do experimento, o professor iniciará o próximo momento, que será realizado em duas aulas (aulas 6 e 7), com duração de 50 minutos cada. Nesta etapa, serão estudadas as funções orgânicas presentes nos compostos químicos da manipueira. Essa conexão é importante para apresentar as funções orgânicas dentro do contexto trabalhado. Quando o estudante reconhece que nas substâncias presentes na manipueira existem grupos funcionais, o professor pode transcender o conteúdo e mostrar que existem outras funções orgânicas nos mais diversos produtos do nosso cotidiano, seja natural ou sintético.

Na tentativa de realizar uma conexão entre o cotidiano e o ensino de Química, Rodrigues et al (2018, p. 211) elaboraram uma sequência didática sobre a química dos cosméticos. Os autores inferiram que “a vivência da sequência possibilitou avaliar níveis diferenciados de compreensão dos conceitos químicos construídos, tais como, pH, solubilidade, polaridade, ponto de fusão, grupo funcionais, forças intermoleculares”. Assim, eles demonstraram que a abordagem

dos conteúdos de forma dialogada favoreceu a apropriação da linguagem científica, facilitando a percepção das relações entre o conhecimento químico e o contexto sociocultural dos estudantes envolvidos.

Por fim, no último momento (aula 8) o professor encerrará a sequência didática utilizando um questionário semiestruturado para verificação dos conhecimentos dos estudantes após o desenvolvimento das atividades. Santos e Kroeff (2018) apontaram que estudos recentes mostraram que o uso do *feedback* efetivo como avaliação funciona como uma estratégia eficiente para a motivação e regulação da aprendizagem, permitindo que o aluno seja mais autônomo e desenvolva suas competências.

Considerações Finais

Com a proposta apresentada foi possível apresentar a sequência didática com a temática contextualizada “manipueira como biofertilizante”. O seu desenvolvimento permitiu conectar o estudos de funções orgânicas com os problemas ambientais decorrentes do descarte inadequado dos subprodutos da produção da indústria da mandioca. A estratégia utilizada na proposta apresenta um potencial para a realização de experimentos contextualizados com a temática e mostrar como possibilidade a substituição dos fertilizantes sintéticos pelos naturais. A participação direta e ativa dos alunos no desenvolvimento da proposta poderá proporcionar a motivação e a construção de competências e habilidades referentes aos conteúdos propostos.

Por fim, percebemos que a elaboração de sequências didáticas para se trabalhar os conteúdos de química proporciona ao professor relacionar tais conteúdos com as mais variadas temáticas, possibilitando uma aprendizagem contextualizada. Além disso, notamos que a inserção de estratégias e recursos alternativos pode estimular a motivação nos estudantes, favorecendo o processo de ensino e aprendizagem mais significativo.

Referências

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994

CAJAS, F. La alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. **Enseñanza de las Ciencias**, v.19, n.2, 2001.

CHASSOT, A. **Para Que(m) é Útil o Ensino?** Coleção Educação em Química. 3ª ed. Ijuí: Unijuí, 2014.

CHISTÉ, R. C. E.; OLIVEIRA, K. C. C. Efeito do Processo de Fabricação da Farinha de Mandioca. Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, Belém, p. 75, 2006.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DUARTE, A. S. et al. Uso de diferentes doses de manipueira na cultura da alface em substituição à adubação mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 262-267, 2012.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C de. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Química nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 101-106, 2010.

FERREIRA, W. de A. et al. Manipueira: um adubo orgânico em potencial. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2001.

FILGUEIRAS, C. A. L. D. Pedro II e a Química. **Química Nova**, v.11, n.02, p. 210- 214, 1988.

FIORETTO, R. A. **Uso da manipueira em fertirrigação**. In: CEREDA, M.P. Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil. São Paulo. Paulicéia, 1994. p.51-79

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da Pesquisa Científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas S.A., 2008.

GRILLI S. J.; CARDOZO F. P. Sondeo de niveles de lectura en evaluación diagnóstica inicial. Importancia de su realización en la práctica docente pre-profesional. **Revista Andina de Educación**, v. 5, n. 1, p. 519, 2022.

GUIMARÃES, C.C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo a Aprendizagem Significativa. **Química Nova**, v. 31, n. 3, p.198-202, ago. 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da produção de mandioca: estimativa para o ano de 2011**. <http://www.ibge.gov.br/>, acesso em 24 de nov. 2022.

KRASILCHIK, M. **Reformas e realidade: o caso do ensino das Ciências**. São Paulo em perspectiva, vol.14, n.1, p.85-93, 2000.

LOPES, A. M. **Avaliação da dose letal 'DL IND.50' oral e efeitos metabólicos da linamarina extraída de mandioca, em ratos.** 2001. 85 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, São Paulo, 2001.

MARINHO, J. R. D. **Análise da viabilidade econômico-financeira da produção de Manihot esculenta (Crantz) em assentamentos rurais no município de Macaíba, Rio Grande do Norte,** 2021. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba, Rio Grande do Norte, 2021.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde.** 8 ed. São Paulo: Hucitec, 2004.

MUNDIM, S. M. et al. **Fungos e Micotoxinas em farinha de mandioca da região Amazônica.** 2014. 77 f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Ciências de Alimentos. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, 2013.

OLIVEIRA, E. et al. Análise de conteúdo e pesquisa na área da educação. **Revista diálogo educacional**, v. 4, n. 9, p. 1-17, 2003.

OLIVEIRA, E. S. **Análise Físico-Química da polpa da mandioca mansa e brava (Manihot esculenta Crantz subsp. esculenta).** 2013. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Licenciatura em Química, Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, Ariquemes, Rondônia, 2013.

PACHECO, A. D. C. **Inter-relações entre saúde e ambiente de trabalho em casas de farinha.** 2017. 115 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2017.

PINHEIRO, J. C. D. **A realidade da mandioca no Maranhão.** São Luís: Editora Pascal, v. 75, 2019.

PONTE, J. J.; **Cartilha da manipueira. Uso do composto como insumo agrícola.** Governo do Estado do Ceará. Secretaria da Ciência e Tecnologia (SECITECE). Fortaleza, CE, 1999.

RODRIGUES, J. C. et al. Elaboração e aplicação de uma Sequência Didática sobre A Química dos Cosméticos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p. 211-224, 2018.

SÁNCHEZ GUADIX, Á.; DE MANUEL TORRES, E.; JIMÉNEZ LISO, M. R. Química cotidiana para la alfabetización científica; Realidad o utopía?. **Educación Química**, v. 13, n. 4, p. 259-266, 2002.

SANTOS, C. M.; KROEFF, R. F. S. A contribuição do feedback no processo de avaliação formativa. **Revista Multidisciplinar em Educação**, v. 5, n.º 11, p. 20-39, 2018.

SANTOS, D. G. dos et al. A química do lixo: utilizando a contextualização no ensino de conceitos químicos. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 8, n. 2, p. 421-442, 2012.

SILVA, H. A. da; MURRIETA, R. S. S. Mandioca, a rainha do Brasil? Ascensão e queda da Manihot esculenta no estado de São Paulo. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 9, p. 37-60, 2014.

SIMÕES, N. T. **Contextualização do ensino de química orgânica através da temática agrotóxico com alunos da Educação de Jovens e Adultos**. 2017. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Pampa, Bagé, Rio Grande do Sul, 2017.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química orgânica**. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.