

EDUCAÇÃO QUÍMICA MEDIADA POR SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO DE PRODUÇÃO DE PÃO

Vilma Reis Terra (PQ)*, Sidnei Quezada Meireles Leite (PQ)

terravilma@gmail.com, sidneiquezada@gmail.com

Programa de Pós-graduação em Ciências e Matemática, EDUCIMAT - Instituto Federal do Espírito Santo, Av. Vitória, 1729, Prédio Administrativo, 3º Andar, Sala 03, Jucutuquara, Vitória - ES. CEP 29040-780.

Palavras-Chave: sequência investigativa, educação química, produção de pão.

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi o de estudar as potencialidades pedagógicas de uma sequência de ensino investigativo (SEI) abordando a produção de pão, tendo em vista o ensino por investigação para a alfabetização científica. A SEI foi planejada com base nos três momentos pedagógicos e aplicada aos alunos do ensino técnico de nível médio. A prática sobre a cinética e a catálise biológica de produção de pão consistiu em analisar as propriedades físicas e químicas do processo de produção do pão e a influência da adição de alguns substratos. Tratou-se de uma investigação qualitativa baseada em observações, relatos orais e escritos, fotografias e questionários aplicados ao longo das aulas. Os resultados evidenciaram o ensino por investigação promoveu potencialidades para a alfabetização científica funcional, cultural e verdadeira, a partir de discussões sobre questões tecnológicas, sociocientíficas, socioambientais, socioeconômicas e socioculturais.

INTRODUÇÃO

De acordo com Carvalho (2013, p.11), uma sequência de ensino investigativo consiste em uma intervenção pedagógica que parte de um problema, não necessariamente experimental, levando um indivíduo, ou um grupo de trabalho, a alcançar uma compreensão e explicação de um fenômeno estudado. A sequência investigativa inclui momentos de formulação de hipóteses, teste de hipóteses, investigação de informações e explicação do fenômeno. Segundo a autora, o problema não pode ser qualquer, mas deve ser planejado, devendo envolver a cultura social do aluno, isto é, algo que ele compreenda no seu contexto, e algo que oportunize ao aluno expor os seus conhecimentos apropriados durante a construção de sua história. De acordo com Sasseron e Carvalho (2011), se uma intervenção pedagógica prevê todos esses passos, é possível promover alfabetização científica nos alunos envolvidos na prática pedagógica. Para isso, nos apropriamos dos eixos estruturantes da alfabetização científica, baseados em Sasseron e Carvalho (2008), capazes de fornecer bases suficientes e necessárias de serem consideradas no momento da elaboração e planejamento de aulas e propostas de aulas que visando à alfabetização científica.

Conforme Stuart (2014), “[...] a experimentação no ensino de química é tema constante nas salas de aula, nas conversas entre professores da disciplina, em congressos e em revistas da área, seja por sua contribuição para o processo de ensino e aprendizagem ou pelas dificuldades encontradas para sua aplicação”. Mas como tornar o ensino de química mais interessante? Sadler (2011) ressalta que as práticas escolares usando questões sociocientíficas (SSI) pode promover debates a partir de experiências de laboratório, experiências cotidianas, imagens, com a ajuda da internet e de visitas guiadas. Reis e Galvão (2008) sugerem o uso de questões sociocientíficas para provocar discursões incluindo conteúdos de ciências de natureza articulados as questões socioculturais, socioambientais, sociofilosóficas, socioeconômicas, entre outras, de tal maneira que as pessoas envolvidas no debate sejam forçadas a se posicionar, proporcionando reflexão sobre conceitos, crenças, valores, mitos etc.

Nesse trabalho, procuramos articular a ensino por investigação com a perspectiva da alfabetização científica, intencionalmente, envolvendo alunos da disciplina de Química do quarto ano do ensino técnico de nível médio. Em nossos debates, surgiram questionamentos tais como de que maneira os conteúdos programáticos de química podem ser articulados com a perspectiva da alfabetização científica? Uma sequência de ensino investigativo pode contribuir para a superação da fragmentação dos conteúdos da educação básica, sobretudo, os de química? Então, produzimos uma intervenção pedagógica mediada por uma sequência de ensino investigativo se constituindo como sendo o nosso objeto de estudo.

O objetivo desse trabalho foi o de estudar uma sequência de ensino investigativo de química tendo em vista a alfabetização científica. Para isso, buscamos estudar a cinética e a catálise biológica da produção de pão desenvolvida na disciplina de química do ensino técnico de nível médio, buscando articular questões sociocientíficas, socioculturais, socioambientais, socioeconômicas, entre outras.

METODOLOGIA

A temática sociocientífica elencada pelo grupo de investigação abrangeu questões sociocientíficas, sociotecnológicas, socioambientais, socioeconômicas, sócio-históricas e socioculturais, inspiradas no trabalho de Leite (2012). Tratou-se de uma investigação qualitativa de uma intervenção pedagógica de ensino de Química, planejada com base em Gil (2009), que foi uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) envolvendo a produção de pão. O quadro 1 apresenta um resumo das técnicas e instrumentos de coleta de dados empregados durante a investigação metodológica de Química do Ensino Médio, cuja prática pedagógica foi realizada em 2013 no Campus Colatina do Instituto Federal do Espírito Santo (Brasil), com uma turma de quarto ano do ensino técnico articulado ao ensino médio. Participaram desse estudo cerca de 30 alunos com idades entre 14 e 18 anos. Os alunos foram codificados de tal forma que a identidade fosse preservada. Os dados coletados foram analisados com base em Bardin (2011).

Quadro 1. Resumo das técnicas e instrumentos de coleta de dados empregados durante a investigação metodológica de Química, numa escola federal do Estado do Espírito Santo (Brasil).

Investigação	Técnicas	Instrumentos
Investigação Qualitativa	Observações	Anotações no diário de bordo dos investigadores.
	Inquéritos	Questionários
	Imagens	Fotografias como registros dos momentos.
	Relatos orais e escritos	Anotações produzidas nos diários de bordo dos alunos.

A investigação foi conduzida pelos coordenadores do projeto, com autorização da diretora da escola e assinatura dos responsáveis dos alunos do termo de consentimento livre e esclarecido para uso dos depoimentos orais e escritos, além da autorização do uso da imagem, conforme orientações do Comitê Nacional de Ética em Pesquisa. Foram realizadas observações ao longo da realização da intervenção pedagógica, análise de documentos oficiais, aplicação de entrevista de grupo focal com os alunos, além da leitura de artigos e livros da área em evidência nesse trabalho. De acordo com Gatti (2005), a técnica de grupo focal pode ser utilizada em diversos momentos ao longo da pesquisa, inclusive após o processo de intervenção, como foi nessa pesquisa.

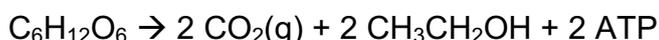
Os dados emergiram a partir das observações, anotações feitas pelos investigadores, relatos escritos, leituras de trabalhos completos e periódicos da área da educação em ciências, além do produto educativo (LEITE, 2012). Nossa análise foi baseada nos pressupostos do ensino por investigação, conforme proposto por Gil-Perez

e Castro (1996), Moed (2013), Carvalho (2013), Sasseron e Carvalho (2008) e Sasseron e Carvalho (2011).

A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO

O pão é produzido por um processo de fermentação de tradição milenar, que tem sua origem quando o homem era nômade, caçador e pastor. É considerado um dos mais antigos alimentos do mundo (COELHO et al., 2009). A fermentação na produção de pão é feita tradicionalmente por levedura, do tipo fermentação alcoólica, semelhante ao processo de produção de vinho e cerveja. O catalisador utilizado para esse processo é o fermento biológico. Em geral, utiliza-se a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, normalmente vendida em supermercado.

Em termos de bioquímica, a fermentação de pão é um processo anaeróbico facultativo, que ocorre a produção de álcool, CO₂ e ATP (energia). O ATP, denominado trifosfato de adenosina (ou adenosina trifosfato), é um nucleotídeo responsável pelo armazenamento de energia em suas ligações químicas (NELSON e COX, 2014).



A sequência de ensino investigativo (SEI) de Química (quadro 2) foi planejada com base nos três momentos pedagógicos propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). Foram realizadas aulas expositivas, aulas experimentais com grupos de trabalho formados por 3 a 5 alunos e produção de debates sobre as etapas da prática pedagógica. Um dos assuntos abordados nessa temática de produção de pão é a composição do pão, constituição do amido, questão dos aditivos do pão, biotecnologia do trigo e doença celíaca.

Algumas pessoas podem desenvolver a doença de celíaca pela ingestão de glúten, que causa a desordem sistêmica autoimune. É caracterizada pela inflamação crônica da mucosa do intestino delgado que pode resultar na atrofia das vilosidades intestinais, com consequente má absorção intestinal e suas manifestações clínicas. O glúten é uma proteína que está presente nos seguintes alimentos: trigo, aveia, centeio, cevada e malte.

O ensino de ciências é complexo quando o objetivo principal é promover a compreensão conceitual, articulada às questões processuais, à natureza da ciência, aplicações e questões sociocientíficas que fazem parte da concepção do indivíduo cientificamente alfabetizado (MOEED, 2013). No ensino por investigação, os alunos interagem, exploram e experimentam o mundo natural, mas devem ter uma linha orientadora, a fim de se atingir um objetivo acadêmico. Por meio de um processo investigativo, envolvem-se na própria aprendizagem, construindo questões, elaborando hipóteses, analisando evidências, tirando conclusões, comunicando resultados. Nessa proposta, a apropriação de conteúdos está além do limite conceitual, e engloba as questões procedimentais e atitudinais, oportunizando novas compreensões, significados e conhecimentos do conteúdo ensinado (MOEED, 2013; CARVALHO, 2013).

A sequência de ensino investigativo (SEI) deve ter momentos pedagógicos planejados que incluam características investigativas, tais como: (a) apresentar situações problematizadoras abertas; (b) favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância; (c) potencializar as análises qualitativas, propiciando a formulação de questões; (d) considerar a elaboração e testes de hipóteses como uma das etapas da investigação; (e) considerar a análise dos resultados com base nos conhecimentos disponíveis; (f) desenvolver o trabalho acompanhado por memórias científicas; e (g) ressaltar a

dimensão coletiva do trabalho científico, por meio de grupos de trabalho, propiciando interação entre si (GIL-PEREZ e CASTRO, 1996).

Quadro 2. Resumo do planejamento das etapas da sequência de ensino investigativo de Química, realizada em 2013 no campus Colatina do Instituto Federal do Estado do Espírito Santo, Brasil.

Sequência de Ensino Investigativo de Química (SEI)			
Título:	Fabricando pão com diferentes substratos.		
Público Alvo:	4º Ano do Ensino Médio.		
Questionamentos:	De que maneira o processo de pão acontecerá no laboratório de química? Qual é a influência nas propriedades do pão com a introdução de aditivos alimentares?		
Objetivos Gerais:	Promover atividades investigativas que favoreça o processo de ensino-aprendizagem contribuindo para estabelecer relações entre os conhecimentos das ciências e os saberes cotidianos e científicos com abordagem CTSA.		
Conteúdo e Método			
Momento	Objetivo Específico	Conteúdo	Dinâmica
Momento 1: Problematização	Motivar o aluno para busca do conhecimento	Questionário para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos. Aspectos históricos e culturais da fermentação. Aspectos históricos e culturais da produção de pão. Usavam fermento? Que características apresentava o pão de antes?	Aplicação do questionário.
Momento 2: Organização do conhecimento	Ampliar conhecimentos da produção de pão, contribuindo para estabelecer a relação da química com o cotidiano. Promover questões investigativas sobre a produção de pão, propiciando a investigação científica e a formulação de hipóteses.	Aspectos históricos e culturais da fermentação. Aspectos históricos e culturais da produção de pão. As etapas de produção de pão. A composição alimentar e química do pão. Função dos componentes do pão. O glúten: uma rede de proteínas do pão. Reações bioquímicas na produção do pão. Fermentação do pão.	Aula expositiva e dialogada com auxílio de apresentação de slides.
	Investigar os impactos na saúde como consequência da biotecnologia do trigo	O trigo e a biotecnologia, o que mudou? Doença Celíaca.	Aula expositiva e dialogada com auxílio de apresentação de slides.
Momento 3: Aplicação do conhecimento	Verificar os aspectos cinéticos da produção de pão. Fatores que influenciam na velocidade da reação.	A realização de experimentos sobre fatores que influenciam a velocidade das reações químicas, adaptada por Venquiaruto et al. (2011). Determinação da densidade do pão.	Aula experimental com investigação.
	Observar as transformações que ocorrem na preparação do pão. Verificar a influência da consistência do pão com adição de diferentes substratos.	Oficina de produção de pão. Cada grupo traz uma receita de casa.	Aula experimental investigativa.
	Avaliação	Participação nas aulas, registros escritos das atividades propostas e leituras de textos. Relatório das aulas práticas.	

Inicialmente, foi aplicado um questionário para avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre os conteúdos programáticos relacionados à produção de pão. As perguntas abordaram conceitos cinéticos e catalíticos da fermentação de pão, processos aeróbico e anaeróbico, fermentação alcoólica e aspectos da tecnologia, sociocientíficos, socioambientais, socioeconômicos e socioculturais. Assim, buscamos articular questões locais e regionais de Colatina-ES com os conteúdos de química, para dar mais sentido aos assuntos tratados, já que a maior parte dos alunos é morador da região dessa cidade.

Utilizando a temática de produção de pão envolvendo aspectos socioculturais da região norte do Estado do Espírito Santo, trazidas pelos imigrantes italianos e alemães no início do século 20, foram discutidos os modos de produção de pão na história da humanidade e as práticas desenvolvidas nos dias de hoje. Reis e Galvão (2008) sugerem que sejam utilizados temas sociocientíficos para discutir conteúdos de ciências articulados as questões morais e éticas, sobretudo, criando situações nas quais as pessoas sejam obrigadas a se posicionarem, provocando uma revisão de seus pensamentos.

O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

No dicionário de língua portuguesa, a palavra “investigação” aparece como sinônimo de “pesquisa”, isto é, ação de averiguar quando há inquérito, apuração, análise excessivamente rigorosa sobre alguma coisa, geralmente, acerca dos assuntos relacionados ao campo científico. De acordo com Sasseron (2013, p.11), uma investigação científica pode acontecer de diferentes maneiras e, provavelmente, podem estar ligadas às condições disponibilizadas e às especificidades do que se investiga. No entanto, é possível dizer que toda investigação científica envolve um problema, o trabalho de dados, informações e conhecimentos já existentes, o levantamento e o teste de hipóteses, o reconhecimento de variáveis e o controle das mesmas, o estabelecimento de relações entre as informações e a construção de uma explicação.

No que diz respeito ao processo de produção de pão, há três fatores que são fundamentais para o bom desempenho da fermentação: (1) quantidade de nutrientes, (2) temperatura e (3) umidade. Entre esses fatores, o controle da temperatura é o que requer maiores cuidados, uma vez que temperaturas extremas reduzem expressivamente a atividade catalítica da levedura, podendo até levá-la a desativação (morte). Por exemplo, temperaturas acima de 43°C, podem desativar a levedura (catalisador). Em temperaturas abaixo de 20°C, a produção de dióxido de carbono e etanol é menor (fator cinético), o que interfere na qualidade final do pão (STAIL, OLIVEIRA e SCHULZ, 2013).

Nesse trabalho, as experiências foram realizadas usando garrafas PET de 600 mL, um funil, duas colheres de chá de fermento biológico e duas colheres de chá de açúcar (Figura 1). Em cada garrafa foi conectado uma bola de festa, a fim de monitorar o volume de formação de gás, no caso o CO₂. O tempo de enchimento da bola de látex de festa foi cronometrado (variável monitorada), até atingir um volume padronizado. Nesse caso, o menor tempo para encher a bola implicou numa maior velocidade de fermentação.



Figura 1. Fotografia da experiência para estudar os fatores cinéticos da fermentação alcoólica.

Foram realizadas cinco experiências investigativas para subsidiar as respostas dos alunos. A primeira buscou avaliar o efeito da temperatura no processo de fermentação, empregando temperaturas 12oC e 33oC, buscando simular o tempo de inverno e de verão. A segunda experiência do efeito da quantidade de nutrientes e de catalisador. A terceira experiência avaliou a influência do tipo de fermento. A quarta experiência visou a determinação da densidade do pão produzido. A quinta experiência foi a produção da massa de pão utilizando diferente aditivos: (1) uma tradicional com farinha de trigo somente, (2) massa mista com batata, (3) massa mista com aipim, e (4) massa mista com inhame.

Experiência 1: Efeito da temperatura na velocidade de reação

O experimento do efeito da temperatura sobre a velocidade de fermentação foi realizado com duas garrafas PET de 600 mL, um funil, três colheres de chá de fermento

biológico e duas colheres de chá de açúcar. Nesse caso, a mistura líquida preencheu 2/3 do volume de todas as garrafas para se garantir a mesma concentração inicial de substrato, seguida de homogeneização do meio. Foram testadas duas temperaturas reacionais: $T = 12^{\circ}\text{C}$ e $T = 33^{\circ}\text{C}$, acrescentando água fria e água quente, respectivamente. Como resultado dessa experiência, os alunos perceberam que o aumento da temperatura promoveu uma diminuição do tempo de enchimento da bola de látex, isto é, produziu mais rápido o CO_2 , demonstrando um aumento da velocidade de reação, conforme os trechos das falas a seguir:

Professor: Qual é o efeito da temperatura sobre a velocidade do processo de fermentação do açúcar no pão? De que maneira pode-se evidenciar a evolução da fermentação do açúcar no pão?

Alunos: [...] quando os microrganismos fermentam, liberam CO_2 , o que faz inchar a massa do pão. [...] os microrganismos morrem ou ficam inativos quando há uma diminuição drástica da temperatura ou aumento elevado da temperatura. [...] parece haver uma faixa ideal de temperatura para as leveduras fermentarem. [...] se morrem, não acontece fermentação. Dentro da faixa ideal, quanto maior for a temperatura, maior será a velocidade de reação.

Com as discussões desenvolvidas durante a experimentação, os alunos conseguiram alcançar a explicação do fenômeno pelo aumento da energia cinética das moléculas com aumento da temperatura do meio.

Experiência 2: Efeito da concentração na velocidade de reação

O estudo do efeito da concentração de substrato e de catalisador sobre a velocidade de reação foi realizado com cinco garrafas PET de 600 mL, sendo que a influência da concentração inicial de açúcar (substrato) foi realizada nas garrafas 1, 2 e 3. As três primeiras continham três colheres de chá de fermento biológico, a quarta garrafa continha 6 colheres de fermento e a quinta garrafa continha nove colheres de fermento biológico.

Na primeira garrafa, adicionou-se meia colher de chá de açúcar. Na segunda, uma colher de chá de açúcar. Na terceira, duas colheres de chá de açúcar. Na quarta e quinta garrafas, uma colher de chá de açúcar. As garrafas foram acrescidas de água na temperatura de 33°C , até preencher 2/3 do volume da garrafa, seguida de homogeneização do meio. Então, foi acoplado uma bola de látex de festa na boca de cada garrafa, quando se iniciou o monitoramento do tempo necessário para encher a bola de látex até um volume padronizado. A tabela 1 mostra a variação da concentração de fermento e açúcar e seus respectivos tempos de reação obtidos durante o experimento.

O aumento da concentração inicial de substrato promoveu uma diminuição do tempo de reação de fermentação necessário para encher a bola de látex até um volume padrão. Foi constatado um aumento da velocidade de reação de fermentação com o aumento da concentração inicial de substrato.

Também foi constatado que o aumento da concentração de açúcar (garrafas 2 e 3) evidenciou valores aproximados de tempo de enchimento da bola de látex. Entre as hipóteses levantadas com os alunos, discutiu-se que o resultado possa estar relacionado ao modelo cinético dessa reação de fermentação ou que seja devido à morte das leveduras pela alta da concentração de substrato (condições do meio). Outro fato também levantado foi a possibilidade de haver fenômeno de transporte de substrato, na situação de concentração de catalisador testada (3 colheres de chá). A morte das leveduras pode ser explicada pela osmose do substrato, do meio externo à membrana da célula (mais concentrado) para o meio interno da célula (menos concentrado),

provocando um aumento súbito da concentração de açúcar, o que comprometeria o funcionamento biológico do microrganismo.

Tabela 1: Estudo sobre o efeito da concentração inicial de açúcar e de catalisador no tempo de reação.

Garrafas	Quantidade de açúcar (colher de chá)	Quantidade de fermento / Catalisador (colher de chá)	Tempo de Reação (s)
1	1/2	3	32
2	1	3	16
3	2	3	15
4	1	6	8
5	1	9	5

Fonte: dados da investigação.

Como resultado dessa experiência, os alunos perceberam que o aumento da concentração de açúcar e de catalisador promoveu uma diminuição do tempo de enchimento da bola de látex, isto é, produziu mais rápido o CO₂, demonstrando um aumento da velocidade de reação, conforme os trechos das falas a seguir:

Professor: Qual é o efeito da concentração de açúcar sobre a velocidade do processo de fermentação do açúcar no pão? Qual é o efeito da concentração de catalisador sobre a velocidade do processo de fermentação do pão?

Alunos: [...] quando os microrganismos fermentam, liberam CO₂. Os microrganismos são os catalisadores. [...] os microrganismos podem morrer quando há um aumento drástico da concentração de açúcar e de catalisador (fermento). [...] mas é esperado um aumento da velocidade de reação com o aumento da concentração de açúcar, dentro de uma faixa. É provável que há uma faixa de concentração ideal. Também é esperado um aumento da velocidade de reação com o aumento da concentração de catalisador (fermento).

Com as discussões desenvolvidas durante a experimentação, os alunos conseguiram alcançar a explicação do fenômeno pelo aumento da velocidade de reação com aumento das concentrações de substrato e de catalisador.

Experiência 3: Efeito do tipo de fermento na velocidade de reação

O estudar sobre o efeito do tipo de fermento sobre a velocidade de reação foi realizado com dois tipos de fermentos: o fermento de batata (caseiro) e o fermento biológico (tradicional). O fermento caseiro é muito utilizado nas receitas do interior do Estado do Espírito Santo, sendo produzido pela mistura dos seguintes ingredientes: 400 ml de água, 1 batata média (lavadas e picadas com casca), 4 colheres (sopa) de açúcar, 1/2 colher (sopa) de sal, e 2 colheres (sopa) de farinha de trigo.

Então, separou-se duas garrafas PET de 600 mL, contendo duas colheres de chá de açúcar e água à temperatura de 33°C até 2/3 do volume da garrafa. Nas garrafas adicionou-se respectivamente três colheres de sopa de fermento caseiro e de fermento biológico, seguido de homogeneização do meio, com a colocação da bola de látex na boca das garrafas. Foi feito o monitoramento do tempo necessário para encher a bola de látex até um volume padronizado. A garrafa contendo fermento biológico apresentou maior velocidade de reação.

Como resultado dessa experiência, os alunos perceberam que o fermento biológico foi mais ativo, isto é, promoveu uma diminuição do tempo de enchimento da bola de látex, demonstrando um aumento da velocidade de reação nesse caso, conforme os trechos das falas a seguir:

Professor: O que é esperado com o uso de fermento caseiro com relação à velocidade do processo de fermentação? E o que é esperado com o uso de fermento biológico?

Alunos: [...] com a fermentação, há liberação de CO_2 . [...] se o fermento caseiro tiver menor concentração de microrganismos, ele será menos ativo. Mas, como o fermento biológico é mais utilizado, é provável que esse seja o mais ativo, isto é, tenha maior concentração de catalisador. [...] então, é esperado um aumento da velocidade de reação na garrafa que tenha o fermento biológico (industrial).

Com as discussões desenvolvidas durante a experimentação, os alunos conseguiram alcançar a explicação do fenômeno pela concentração de catalisador no fermento biológico, já que o teste com fermento caseiro foi menos ativo.

Experiência 4: Determinação da densidade do pão em água

A quarta experiência consistiu na determinação da densidade pelo deslocamento do volume de água, colocando uma massa de pão em uma proveta contendo água. Nessa experiência utilizou-se a massa de pão antes de fermentar (previamente misturada) – inicial, e após algum tempo com a expansão da massa em água - final (tabela 2). A densidade inicial, calculada logo após da mistura, foi igual a 1,2 g/mL, maior que a densidade da água - 1,0 g/mL. Essa diferença dos valores de densidade foi explicada pela adição de massa de pão na proveta com água.

Tabela 2: Densidade total do meio calculada a partir da experiência de expansão do volume na proveta: antes (inicial) e após a expansão da massa (final).

Massa de pão (g)	Volume (mL)			Densidade (g/mL)	
	Controle H_2O (V_1)	Inicial Massa + H_2O (V_2)	Final Massa + H_2O (V_3)	$\rho_{\text{início}}$ (g/mL)	ρ_{final} (g/mL)
7,15	50,0	56,0	58,0	1,2	0,9

Observação: Volume da proveta: 100,0 mL.

Durante a etapa de fermentação, o açúcar é metabolizado pela levedura, produzindo principalmente álcool e dióxido de carbono, produzindo o crescimento da massa de pão. O glúten é a proteína que retém o gás carbônico produzido, contribuindo para expansão do volume, sem alteração significativa da massa. Então, ao longo da fermentação há uma diminuição a densidade pelo aumento do volume, explicando o afundamento das amostras na água durante a experiência.

Como resultado dessa experiência, os alunos perceberam a variação da densidade, conforme os trechos das falas a seguir:

Professor: Por que há um decréscimo da densidade da massa de pão ao longo da fermentação? Qual é a proteína responsável pela elasticidade da massa do pão?

Alunos: [...] a liberação de gás carbônico produziu a expansão da massa de pão, diminuindo a densidade. [...] é possível que o glúten também possa ter sido responsável pela expansão da massa.

Com as discussões desenvolvidas durante a experimentação, os alunos conseguiram alcançar a explicação do fenômeno de variação da densidade, com o processo de inchamento da massa de pão.

Experiência 5: Produção de massa de pão com diferentes aditivos

A quinta experiência foi a produção da massa de pão utilizando diferentes aditivos. Foram feitas quatro massas de pão: (1) uma tradicional com farinha de trigo somente, (2) massa mista com batata, (3) massa mista com aipim, e (4) massa mista com inhame. A produção de pão na formação tradicional seguiu a seguinte receita:

Preparo do pão tradicional

Ingredientes: 2,5 copos de água morna; 2 colheres de sopa de açúcar; 1 colher de sal; 2 colheres de manteiga; 1 kg de trigo; e 50g de fermento biológico.

Modo de Preparo: misturar o fermento na água morna; levar ao liquidificador o açúcar, o óleo, a manteiga, o sal, o ovo e a água com o fermento; bater por alguns minutos; colocar a mistura num recipiente e acrescentar o trigo aos poucos, misturando com as mãos (quantidade de trigo suficiente para que a massa deixe de grudar nas mãos); deixar a massa crescer por 2 a 3h horas; dividir a massa em partes para produzir os pães; deixar crescer novamente por 1h; e levar para assar por 30 minutos.

A batata, aipim e inhame, em tese, deveria funcionar como se fosse a farinha de trigo, em grandes alterações. Portanto, a hipótese era de que não haveria diferenças nas propriedades químicas e físicas entre a massa tradicional e as massas mistas. Embora não tenha sido aprofundado essa etapa do estudo, os alunos constataram que os produtos dessa experiência foram diferentes, em termos de sabor, cor e consistência. Por exemplo, o pão de mandioca ficou mais pesado enquanto o pão de batata ficou macio e mais saboroso, quando comparado com o pão comum. Com as discussões desenvolvidas durante a experimentação, os alunos conseguiram perceber a influência desses aditivos nas propriedades finais do pão, após cozido.

ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

No que diz respeito à alfabetização científica, segundo Sasseron e Carvalho (2008), a alfabetização científica pode ser organizada em três eixos estruturantes conforme a natureza e a formação de aprofundamentos. O primeiro eixo estruturante refere-se à compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais, tais como conceitos-chave importantes para entender informações e situações do dia-a-dia. O segundo eixo refere-se à compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática. Já o terceiro eixo estruturante, está relacionado às relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente e perpassa pelo reconhecimento de que quase todo fato da vida de alguém tem sido influenciado, de alguma maneira, pelas ciência e tecnologia. No quadro 3 está apresentada uma análise sobre a relação entre ensino investigativo e a alfabetização científica com base na sequência de ensino investigativo, realizada com alunos da educação secundária na disciplina de química, seguindo os pressupostos de Sasseron e Carvalho (2008).

Quadro 3. Relação entre ensino investigativo e a alfabetização científica com base na sequência de ensino investigativo, realizada com alunos da educação secundária na disciplina de química, seguindo os pressupostos de Sasseron e Carvalho (2008).

Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica	Contexto
Funcional: Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais.	O momento 2 foi importante para que os alunos pudessem reunir os argumentos necessários para a compreensão das questões relacionadas à fermentação e à produção de pão. Foram discutidos os conteúdos científicos acerca da fermentação e da produção de pão.
Cultural: Compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos.	Nos momentos 1 e 2 foram abordados os aspectos de ciência e fatores éticos e políticos relacionado à produção de pão e à fermentação. As investigações para melhorar a qualidade do pão. O uso da biotecnologia para produção de trigo transgênero, a fim de minimizar os efeitos da Doença Celíaca. A política de preços do trigo.
Verdadeira: Relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. O enfoque CTS/CTSA.	Durante o momento 3, quando os alunos confrontaram as receitas trazidas das famílias, fazendo relação entre as questões científicas e o contexto sociocultural. A manutenção da cultura local e regional. Quando os alunos discutiram as questões socioeconômicas da produção de pão, fizeram ligação com a realidade local e regional.

No quadro 4 apresenta um resumo dos resultados do questionário aplicado aos alunos no momento final da prática pedagógica. Em seguida, o professor leu o questionário em voz alta, esperando que os alunos se manifestassem para responderem o grupo de perguntas efetuadas. A ideia foi dar a oportunidade aos alunos de argumentarem sobre suas dúvidas, hipóteses e conclusões.

Quadro 4. Resumo do questionário aplicado aos alunos no momento final da prática pedagógica. O questionário foi escrito. Depois, foi lido em voz alta para que os alunos se manifestassem.

Pergunta/Professor	Resposta/Alunos
- Como começou a produção de pão? Havia fermento? É um processo antigo?	- Não era sem fermento. Havia algum mecanismo natural que promovia a fermentação do pão. [...] Mas o processo é antigo.
- Por que os microrganismos demoram um pouco para fazer a massa crescer? Por que que a massa do pão cresce?	- [...] para se adaptarem. Para se alimentar do açúcar e gerar gás carbônico que fazer o pão crescer. [...] esse processo exige um tempo de adaptação. - [...] porque a massa dilata pela liberação do gás. Porque o glúten segura o CO ₂ .
- Que é o tipo de fermentação usado na produção do pão? O que é na fermentação alcoólica?	- Fermentação Alcoólica. São leveduras que se alimentam do açúcar e liberam dióxido de carbono como produto de seu metabolismo.
- No alimento antigo, o pão era feito "sem fermento". Qual o fundamento do pão sem fermento?	- [...] o microrganismo vem do ar, por isso demora mais para produzi-lo, [...] o processo é lento. É possível que nesse processo tenha menor quantidade de microrganismo que é fornecido pelo fermento caseiro.
- Quais os ingredientes básicos do pão e quais suas principais funções? Qual é o substrato empregado na produção do pão?	- [...] Açúcar, fermento e farinha. - [...] açúcar e amido são os substratos principais. - As proteínas do pão "seguram" o gás produzido pela fermentação. Elas são elásticas. Talvez seja o glúten.
- Por que é necessário deixar a massa em repouso?	- [...] porque as leveduras levam algum tempo para metabolizar o açúcar e convertê-lo em etanol e dióxido de carbono.
- Existe alguma alteração na massa, quando utilizamos batata, mandioca ou inhame? Se ambos substrato é amido porque altera sua consistência?	- Utilizamos a adição de batata, mandioca e inhame em diferentes situações de produção de pão. Os produtos foram diferentes. Nós observamos isso. Cor e consistência foram diferentes. - [...] porque a organização das moléculas de amido é diferente em ambas as plantas e também cada planta é diferente do ponto de vista da botânica. Uma tem raiz as outras são rasteiras.
- A quantidade inicial de substrato pode interferir no sucesso do processo?	- [...] muito açúcar atrapalha. Nas amostras com alta concentração de açúcar, é possível que tenha havido morte das leveduras pelo estresse causado pela osmose.
- Por que o pão não cresce em temperatura baixa?	- [...] é possível que o microrganismo morra em temperatura baixa. Ele tem uma faixa ideal de temperatura para um melhor crescimento. Se morrem, não acontece a fermentação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que diz respeito à alfabetização científica, Sasseron e Carvalho (2008) admite as dimensões funcional, conceitual, procedimental e multidimensional como processos de incorporação de conhecimento científico em sala de aula que ocorreriam de acordo com uma evolução gradual. Nesse caso, o conhecimento apropriado em sala de aula poderia levar à "alfabetização científica funcional", que é baseado na apropriação de conteúdos conceituais e de vocabulário relacionado à Ciência e Tecnologia (C&T). Em nosso trabalho, buscamos alcançar uma alfabetização científica além de conceitos e vocabulários relacionados à C&T, abrangendo as questões culturais e verdadeira (sustentáveis), isto é, abrangendo as relações de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Em cada experiência foi produzida uma etapa de problematização, hipótese, investigação, experimentação, discussão dos resultados e conclusão. A etapa de investigação ocorreu tanto nos livros didáticos de química e de tecnologia de alimentos, como também na internet. Nem todas as informações colhidas na internet foram de consenso e, algumas vezes, sendo contraditórias. Esse fato ressaltou a importância da fonte de dados no processo de investigação.

Desta forma, a sequência de ensino investigativo promoveu um ensino de química com potencialidades para a alfabetização científica funcional, cultural e verdadeira, já que abordou discussões sobre questões tecnológicas, sociocientíficas, socioambientais

e socioculturais. A desenvolver discussões sobre a cinética e catálise biológica da fermentação de pão articuladas as questões tecnológicas, sociocientíficas, socioambientais e socioculturais, buscamos nos aproximar da perspectiva CTS/CTSA, de acordo com Santos e Auler (2011).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARDIN, Laurence. Análise de conteúdo, 3a. Edição, Lisboa: Edições 70, 2004.
- BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais. Brasília – DF: Ministério da Educação, 2013.
- BRASIL. Planejando a Próxima Década Conhecendo as 20 Metas do Plano Nacional de Educação.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.) Ensino de Ciências por Investigação - Condições Para Implementação Em Sala de Aula. 1. ed. São Paulo: Cengage, 2013.
- COELHO, F. S.; TRISTÃO, J. C.; QUADROS, A. L.; GIL, R. P. F. Cozinhando com química: o pão-nosso-de-cada-dia. Anais do VII ENPEC. Florianópolis, 2009.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A., PERNAMBUCO, M. M. Ensino de Ciências: fundamentos e métodos, 4 ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- GIL-PEREZ, D. CASTRO, P. V. La orientación de las practicas de laboratorio como invetigagación: un ejemplo ilustrativo. Enseñanza de las ciencias, 14 (2), 1996.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2009.
- LEITE, S. Q. M. (Org.). Práticas Experimentais Investigativas no Ensino de Ciências. 1a. Edição. Vitória - Espírito Santo: Editora Ifes. 2012.
- MOEED, A. Science investigation that best supports student learning: Teachers understanding of science investigation. International Journal of Environmental and Science Education, 8, 537 - 559. doi:10.12973/ijese.2013.218a. 2013.
- NELSON, D. L.; COX, M. L. Princípios de Bioquímica de Lehninger. Editora Artmed. 2014. 1328 p.
- REIS, P. G. R.; GALVÃO, C. Os professores de Ciências Naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: dois casos distintos. Revista eletrônica de Enseñanza de las Ciéncia. v. 7, n. 3. 2008.
- SADLER, T. D. (Editor). Socio-scientific Issues in the Classroom. Teaching, Learning, and Research. Florida – USA: Springer. 2011. p. 375.
- SANTOS, W. L. P.; AULER, D. (Orgs.) CTS e educação científica. Desafios, tendências e resultados de pesquisa. Brasília: Editora UnB. 2011.
- SASSERON, L. H.; Carvalho, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. Investigações em Ensino de Ciências. V16(1), pp. 59-77. 2011.
- SASSERON, L. H.; Carvalho, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. Investigações em Ensino de Ciências, v13(3), pp 333-352. 2008.
- SESSARON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: papel do professor. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.) Ensino de Ciências por Investigação - Condições Para Implementação Em Sala de Aula. 1. ed. São Paulo: Cengage, 2013.
- STAIL, B.; OLIVEIRA, D. N.; SCHULZ, J. A. T. Fermentação do pão: Estudo a partir de um experimento matemático. Anais do VI Congresso Nacioanal de Ensino de Matemática. Canoas, Rio grande do Sul. 16,17 e 18 de outubro de 2013.
- STUART, R. C. A experimentação no ensino de química: conhecimentos e caminhos. In: SANTANA, E.; SILVA, E. Tópicos em ensino de química. São Carlos: Pedro & João Editores. 2014. 252 p.
- VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M.; VANZETO, J.; DEL PINO, J. C. Saberes populares fazendo-se saberes escolares: um estudo envolvendo a produção artesanal do pão. Química Nova na Escola, Vol. 33, N° 3, Agosto, 2011.