



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
QUÍMICA - LICENCIATURA



RAFAELA CAROLYNE MATIAS DA SILVA

MISTÉRIO NO INFRAVERMELHO: UMA PROPOSTA LÚDICA ENVOLVENDO
ESPECTROSCOPIA

Caruaru-PE

2023

RAFAELA CAROLYNE MATIAS DA SILVA

**MISTÉRIO NO INFRAVERMELHO: UMA PROPOSTA LÚDICA ENVOLVENDO
ESPECTROSCOPIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Colegiado de Química Licenciatura do Centro
Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco como requisito parcial para a
obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientador (a): Ricardo Lima Guimarães

Caruaru-PE

2023

Catálogo na fonte:

Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB4-1267

Silva, Rafaela Carlyne Matias da.

Mistério no Infravermelho: uma proposta lúdica envolvendo espectroscopia / Rafaela Carlyne Matias da Silva. - Caruaru, 2023.
53 : il., tab.

Orientador(a): Ricardo Lima Guimarães

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Química - Licenciatura, 2023.
Inclui referências, apêndices.

1. Ensino de Química. 2. Espectroscopia no Infravermelho. 3. Jogo Pedagógico. I. Guimarães, Ricardo Lima. (Orientação). II. Título.

540 CDD (22.ed.)

RAFAELA CAROLYNE MATIAS DA SILVA

**MISTÉRIO NO INFRAVERMELHO: UMA PROPOSTA LÚDICA ENVOLVENDO
ESPECTROSCOPIA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Licenciatura em Química da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para a obtenção do grau de
Licenciada em Química.

Aprovada em: 23 / 09 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Lima Guimarães (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Ayron Lira dos Anjos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Jeisyanne Suélen Alves de Souza (Examinadora Externa)
Secretaria Estadual de Educação – PE

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço fortemente a Deus pelo nosso encontro que ocorreu durante a graduação, apesar de perceber vários momentos antes disso acontecer que Ele estava presente. Muitas orações guiaram a produção desse trabalho e o encerramento do meu ciclo como graduanda na UFPE, gratidão eterna.

Também agradeço a minha família, a minha mãe (Ceixa) e irmã (Rayane) por várias conversas e momentos de desabafo que aconteceram e foram importantes para seguir esse sonho. Ao meu irmão (Ronaldo) por ser um ponto de apoio e sempre estar ao meu lado, além de ter sido minha dupla em vários jogos durante a infância e adolescência, muito bom ser seu player 2. E aos meus amores José e Malu, que me tornaram uma pessoa melhor.

Às amigas construídas pela faculdade, meu agradecimento especial à Maria Eduarda, minha duplinha de laboratório, de resolução das listas nas mais diversas matérias, por compartilhar surtos da vida e de estudos, minha caminhada foi muito melhor pela sua companhia, Duda. Agradeço a Fernando Santiago, um super amigo que fiz durante o curso e trouxe leveza e palavras de motivação quando eu mais precisava. À Alissa Sousa e Juliana Mendes pela ajuda e estarem presentes em muitos momentos.

Muito obrigada a Pedro Victor, por acompanhar a jornada antes de entrar na faculdade, me apoiar e dar atenção durante o percurso, foi muito importante para mim. E a Jucilayne Manuella, uma amizade maravilhosa que construí e pude partilhar momentos e conversas incríveis.

Aos professores do curso, agradeço a todos por de alguma forma influenciar e me fazer refletir sobre a forma com que vejo o mundo, a química e a educação, em especial a Girleide Lemos, João Tenório, Larissa Maciel e Regina Célia. À José Ayron, pois além de professor tive a felicidade de ser acompanhada por ele nos programas PIBID e Residência Pedagógica, e me fez crescer muito como pessoa e profissional. E a Jeisyanne Suélen, meu respeito e gratidão por aceitar fazer parte da banca e contribuir com a área de espectroscopia.

Ao meu professor e orientador Ricardo Guimarães, que construí uma super admiração pela forma em que apresenta a química e me motivou também a escolher esse tema, agradeço por ter topado a ideia de construir esse trabalho, se mostrar disponível para corrigir e trazer contribuições importantes em diversos momentos.

RESUMO

A Espectroscopia no Infravermelho é uma técnica de identificação de grupos funcionais utilizada principalmente na Química Orgânica. Nesta técnica, a matéria interage com a radiação infravermelha e permite que a molécula vibre em determinados comprimentos de onda (ou frequências), que são capazes de serem reconhecidos e relacionados com ligações simples, duplas, grupos hidroxilas, carbonilas de cetonas, dentre outros grupos. Porém, algumas problemáticas são vistas quando se trata do ensino aprendizagem deste conteúdo químico, como dificuldade de compreensão dos conceitos, que são percebidos como abstratos, e a falta de aplicação prática do que está sendo aprendido, normalmente limitada a uma resolução de exercícios. Além disso, poucos materiais publicados são encontrados que abordam a espectroscopia em uma forma didática, com a intenção de apresentar e provocar o estudante a praticar o assunto da espectroscopia de uma forma diferente. Dessa forma, este trabalho teve como o objetivo analisar a elaboração de uma proposta de Jogo Pedagógico envolvendo Espectroscopia no Infravermelho, sendo baseado nas contribuições de estudos relacionados à utilização de jogos no Ensino da Química e construído por meio de referências em jogos e algumas produções de séries televisivas. Portanto, foi elaborada uma proposta lúdica em formato de tabuleiro nomeada “Mistério no Infravermelho”, desenvolvida para abordar a espectroscopia a partir da resolução de casos de mistério. No jogo pedagógico criado, foram estabelecidas regras voltadas a nortear as ações cognitivas desejadas como experiência ao jogador, componentes de jogo necessários para jogar de uma forma efetiva e toda a narrativa para criar envolvimento dos participantes. Além da história principal em que se passa o jogo, na qual quatro cientistas são contratados para solucionar enigmas que despertam a curiosidade de moradores de uma cidade no interior, também foram ilustrados três diferentes episódios com suas pistas e a possível resolução deles. Os resultados produzidos, e validados teoricamente, permitiram compreender quais os conhecimentos são esperados que os alunos mobilizem para construir a solução de cada caso. À vista disso, a proposta de jogo pedagógico mostrou potencial para contribuir no Ensino da Química ao abordar a Espectroscopia no Infravermelho.

Palavras-chave: Ensino de Química; Espectroscopia no Infravermelho; Jogo Pedagógico.

ABSTRACT

Infrared Spectroscopy is a technique for identifying functional groups mainly used in Organic Chemistry. In this technique, matter interacts with infrared radiation and allows the molecule to vibrate at certain wavelengths (or frequencies), which are capable of being recognized and related to single and double bonds, hydroxyl groups, ketone carbonyls, among other groups. However, some problems are seen when it comes to teaching and learning this chemical content, such as difficulty in understanding concepts, which are perceived as abstract, and the lack of practical application of what is being learned, usually limited to solving exercises. In addition, few published materials are found that approach spectroscopy in a didactic way, with the intention of presenting and provoking the student to practice the subject of spectroscopy in a different way. Thus, this work aimed to analyze the development of a proposal for a Pedagogical Game involving Infrared Spectroscopy, based on the contributions of studies related to the use of games in Chemistry Teaching and built through games and some television series productions. Therefore, a playful proposal named “Mystery in Infrared” was developed to approach spectroscopy from the resolution of mystery cases. In the pedagogical game created, rules were established to guide the players in the expected execution, game components necessary to play effectively and the entire narrative to create involvement of the participants. In addition to the main story in which the game takes place, in which four scientists are hired to solve riddles that arouse the curiosity of residents of an inland city, three different episodes with their clues and their possible resolution were also illustrated. The results produced, and theoretically validated, allowed us to understand what knowledge students are expected to mobilize to build the solution for each case. In view of this, the proposal for a pedagogical game proved to be efficient in contributing to the Teaching of Chemistry by addressing Infrared Spectroscopy.

Keywords: Teaching Chemistry; Infrared Spectroscopy; Pedagogical Game.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Espectro Eletromagnético.	19
Figura 2 – Tipos de Vibração Molecular.....	21
Figura 3 – Espectro de IV da Substância do Caso 1.....	33
Figura 4 – Espectro de RMN ¹ H da Substância do caso 1.	33
Figura 5 – Espectro de IV da Substância do caso 3.	40
Figura 6 – Mapa do jogo Mistério no Infravermelho.	47
Figura 7 – Acompanhamento de pontos do jogo.....	48
Figura 8 – Tabela para consulta de absorções no infravermelho.	49
Figura 9 – Carta Especial disponibilizada para cada jogador.....	50
Figura 10 – Bloco de Anotações para cada jogador escrever seus comentários.	51
Figura 11 – Ilustração do Caderno de Amostra com a resolução do Caso 3.	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Absorções no infravermelho características de grupos funcionais.....	22
Quadro 2 – Absorções no infravermelho características de grupos funcionais.....	23
Quadro 3 – Apresentação da história do jogo.....	26
Quadro 4 – Apresentação do primeiro caso.....	31
Quadro 5 – Apresentação do segundo caso.	35
Quadro 6 – Apresentação do terceiro caso.	38
Quadro 7 – Critérios de validação teórica para o jogo Mistério no Infravermelho.....	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS.....	12
2.1	OBJETIVO GERAL	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1	JOGOS E ATIVIDADES LÚDICAS NO ENSINO DA QUÍMICA	13
3.2	A ESPECTROSCOPIA E O ENSINO.....	16
3.2.1	Algumas Técnicas Espectroscópicas e o Ensino	17
3.3	FUNDAMENTOS DA ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO.....	19
4	METODOLOGIA	24
4.1	DESENVOLVIMENTO DA CONCEPÇÃO	24
4.2	ELABORAÇÃO DO ENREDO	24
4.3	VALIDAÇÃO TEÓRICA.....	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5.1	A HISTÓRIA DO JOGO E SUAS REGRAS.....	26
5.2	CASOS DE MISTÉRIO.....	31
5.3	VALIDAÇÃO TEÓRICA.....	42
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
	APÊNDICE A – ELEMENTOS DO JOGO	47

1 INTRODUÇÃO

Existem muitas técnicas imprescindíveis para a identificação de moléculas e a Espectroscopia no Infravermelho (EI) é uma delas, pois é uma espectroscopia de absorção que utiliza a região do infravermelho no espectro eletromagnético. A espectroscopia no infravermelho é uma técnica de muita importância na análise química qualitativa, sendo amplamente utilizada nas áreas de química de produtos naturais, síntese e transformações orgânicas (Marin, 2013).

No entanto, o ensino da EI pode ser um desafio para alguns professores, por conter conceitos e características abstratas, além de uma forte relação prática (procedimento) – teoria (compreensão do fenômeno). Logo, a forma com que o conteúdo é abordado em sala vai influenciar na compreensão e no interesse dos alunos em aprender sobre esse tema. É por isso que o uso de recursos didáticos, como os jogos pedagógicos, se torna uma estratégia importante para tornar o aprendizado mais dinâmico e atrativo.

O interesse com a espectroscopia no infravermelho surgiu quando cursei remotamente a disciplina de Química Orgânica 11, ofertada no campus UFPE-Recife, e tive minha curiosidade despertada em primeiro contato com o tema. Alguns semestres depois, foi ofertada a disciplina de Espectrometria de Compostos Orgânicos, em que se pode aprofundar conceitos relacionados com a temática e se apresentou de uma forma diferente do convencional, pois ao longo da disciplina houve momentos diferenciados com o uso algumas metodologias ativas, em especial, a utilização de jogos didáticos. A aplicação destes jogos adicionou ludicidade a um tema muitas vezes tratado de forma apenas técnica e possibilitou uma forma mais prazerosa de se ver a espectroscopia.

Porém, nem sempre se tem o cuidado de propiciar um ensino com o uso de metodologias ativas, tornando esta cansativa e de difícil compreensão. Os problemas relacionados à dificuldade no entendimento da matéria vão desde a complexidade do assunto, a necessidade relacionar diversos conceitos envolvidos com os espectros durante a resolução de problemas, até a falta de contextualização que torna a explicação abstrata. Assim, surgiu a questão: como elaborar e analisar a elaboração de uma proposta de Jogo Pedagógico envolvendo Espectroscopia no Infravermelho? Para atender a esse questionamento, criou-se uma proposta de um jogo educativo formalizado envolvendo espectroscopia no infravermelho e analisou-se as suas possíveis contribuições no ensino da Química.

Além disso, a curiosidade nesta questão se manifestou depois de perceber a partir de pesquisas que existem poucos trabalhos que exploram o uso de jogos em temas químicos, como

é a espectroscopia no infravermelho, e como isso proporciona oportunidades de explorar e acrescentar a temática. Por conseguinte, esse trabalho teve a intenção de criar uma proposta de jogo para oportunizar àqueles estudantes que reparam o estudo das ciências da natureza como algo puramente decorativo e sem conexão com o mundo real, ao utilizar a experiência de uma atividade lúdica contextualizada e que permita contribuir na construção do conhecimento a partir de discussões relacionadas a EI.

Portanto, para o direcionamento da presente pesquisa, optou-se por dividir o trabalho em 6 tópicos: iniciar com uma apresentação geral da temática, justificativa e o problema de pesquisa; seguido dos objetivos geral e específicos que conduziram o estudo; em seguida, o Referencial Teórico foi estruturado com os itens Jogos e Atividades Lúdicas no Ensino da Química; A Espectroscopia e o Ensino, que contém o subtópico Algumas Técnicas Espectroscópicas e o Ensino e, por fim, Fundamentos da Espectroscopia no Infravermelho. A Metodologia do trabalho buscou tratar sobre o tipo de pesquisa, como a concepção do jogo foi feita e desenvolvida além de apresentar a validação teórica utilizada no trabalho. O tópico de Resultados e Discussão se dividiu nos subtópicos A História do Jogo e suas Regras, Casos de Mistério e a Validação Teórica, seguido da conclusão do trabalho de conclusão de curso.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar e analisar uma proposta de Jogo Pedagógico envolvendo Espectroscopia no Infravermelho.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender as potencialidades do uso de Jogos para o ensino da Química.
- Abordar a Espectroscopia no Infravermelho a partir da elaboração de uma proposta de Jogo Educativo Formalizado com caráter investigativo.
- Elaborar problemas do conteúdo de Espectroscopia no Infravermelho inseridos no enredo do jogo como casos de mistério.
- Estabelecer uma validação teórica para uma proposta de abordagem lúdica com o tema Espectroscopia no Infravermelho.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 JOGOS E ATIVIDADES LÚDICAS NO ENSINO DA QUÍMICA

O ensino da Química vem sendo marcado por métodos de ensino baseados em memorização de conceitos, aplicação de fórmulas sem buscar um sentido no resultado e dissociação do que se aprende em sala de aula com o mundo real. Com finalidade de quebrar esse paradigma, Anjos e Guimarães (2017) evidenciam a necessidade de desenvolver, aplicar e avaliar novos tipos de metodologias em que inserem o aluno como protagonista, participando ativamente no processo de ensino-aprendizagem.

O uso de jogos e atividades lúdicas no ensino da Química é uma temática contemporânea, quando se trata de pesquisa e publicação de materiais (Cavalcanti *et al.*, 2016). Porém, ao analisar o conteúdo de trabalhos publicado nos principais meios de divulgação científica, percebe-se um aumento notável de propostas lúdicas nos últimos anos. Apesar disso, quando comparado a outras áreas do conhecimento, o número de publicações em eventos científicos ainda é pequeno (Soares, 2017).

Dessa forma, percebe-se um estímulo no ensino de química em explorar jogos didáticos, por professores e alunos, como metodologia ativa de conhecimento. Essa perspectiva voltada para uma prática em que os estudantes participem efetivamente do desenvolvimento dos conteúdos químicos, se mostrou aceita por parte da comunidade escolar por trazer motivação e participação (Anjos; Guimarães, 2017). Para Cavalcanti *et al.* (2016), o uso de estratégias como essa de utilizar jogos além de motivar os estudantes, despertam o interesse em conteúdos tidos como cansativos e propiciam discussões sobre a química.

Em busca de uma definição sobre o que seria um jogo, Felício e Soares (2018), citando Huizinga (2005), definem como:

Uma ação livre sentida como fictícia e situada fora da vida real, capaz de absorver completamente o jogador, uma ação destituída de qualquer interesse material e de qualquer utilidade, que acontece em um tempo e espaço circunscrito, se desenvolvendo segundo regras consensuais (Huizinga, 2005, *apud* Felício; Soares, 2018, p. 161).

Nele se destaca a imersão total do participante na atividade, de maneira voluntária, por um tempo determinado. Essa definição é complementada por Gárcez (2014), na qual a percepção do jogo pode ser alterada dependendo do contexto em que se está inserido, relacionado com a língua. Dessa forma, para a autora, o modo com que os participantes falam

pode mudar a compreensão ou interpretação do jogo, sendo necessária ter consciência do meio social em que o jogo se encontra.

Vale salientar que apesar da comum associação entre jogo e alegria, Soares (2017) afirma que no processo de jogar e no seu progresso há a possibilidade de ser extremamente sério, dependendo de quanta concentração o ambiente do jogo pede. Este mergulho que ocorre em alguns jogos advém de delimitações que ocorrem, como tempo e espaço, e permite que o jogador possa se aventurar em um determinado momento e universo. Isto permite uma separação do ambiente real com o que se está jogando, assim como o tempo, que deve ser mantido dentro dos limites (Soares, 2017).

É possível diferenciar os tipos de jogos e a maneira com que se joga cada um a partir das regras, como um simples baralho pode suceder diferentes tipos de jogos. Esse conjunto de regras possibilita uma relação com o lúdico, de maneira que ao jogar e executar regras do jogo, os jogadores estão desenvolvendo simultaneamente uma atividade lúdica (Gárcez, 2014).

Com esta percepção, para Felício e Soares (2018), os docentes seriam capazes de desenvolver atividades lúdicas voltadas para o ensino da Química, respeitando o meio social de cada turma e explorando o envolvimento e as potencialidades que o lúdico proporciona. Dessa forma, acredita-se que esta é uma das maneiras de mudar as crenças da dificuldade e desmotivação acerca da disciplina. Cavalcanti *et al.* (2012) constata que é preciso investigar tanto a elaboração quanto a apresentação de jogos na área de química, e Felício e Soares (2018) corrobora que a ludicidade pode trazer mobilização em aperfeiçoar conceitos, inovar o meio educacional e engajamento dos estudantes.

O lúdico compreenderia atividades ou jogos que cumpram fundamentos educacionais e que tivesse uma mediação do professor durante o processo, assim como sua intencionalidade lúdica (Felício; Soares, 2018). Porém, é imprescindível que ocorra o equilíbrio entre a função lúdica e a função educativa, e para Garcez (2014) citando Kishimoto (2002), isto se dá por utilizar o jogo como meio de ensinar algo ao mesmo tempo que proporciona diversão.

Caso ocorra o desequilíbrio entre estas duas funções, o jogo perde sua característica de ensinar, pois caso predomine a função lúdica, é apenas um jogo, e a função educativa, somente se tem um material pedagógico (Garcez, 2014). Nesse sentido, para Huizinga (2005) citado por Felício e Soares (2018) um jogo educativo busca desenvolver indagações e possibilitar independência aos estudantes sobre os objetivos educacionais.

Para além da definição de jogos, e qual sua importância para o ensino de Química, é de suma importância distinguir dois conceitos dessa área: jogo educativo e o jogo didático. O jogo educativo pode ser realizado em ambientes distintos, podendo ser fora da sala de aula, com

orientação do professor, e vai envolver dinâmicas que buscam evolução em diversos aspectos (Cunha, 2012). Seguindo com a mesma autora, o jogo didático está profundamente ligado com a aprendizagem de conceitos ou temáticas, e normalmente é empregado em sala de aula ou laboratório de ensino.

Desse modo, pode-se dizer que estes dois tipos de jogos buscam o desenvolvimento de habilidades dos jogadores. Porém, o segundo tipo acompanha esse aperfeiçoamento cognitivo e comportamental com a aquisição de conceitos, de forma que haja o equilíbrio entre a função lúdica e a função educativa. O jogo trabalha com a obtenção de habilidades intelectuais, afetivas e éticas, e pode estimular a autoestima do aluno, motivando-o a questionar suas condutas e perspectivas de vida (Prado, 2018).

Para Cunha (2012), o jogo didático pode ser utilizado em sala com algumas finalidades, dentre elas: expor um novo conteúdo, destacar seus principais pontos, avaliar percepção dos estudantes, contextualizar informações. Mas para isso é necessário que o docente tenha consciência do que os estudantes precisam na ocasião, de acordo com a organização didática. Pois um jogo didático não pode ser utilizado para ocupar um espaço vazio do tempo de aula ou adicionar diversão ao ensino de Química (Cunha, 2012).

Ademais, outro fator a se reforçar é que nos jogos podem ser trabalhados cooperação e competitividade, como em jogos de equipe, que ocorre uma disputa saudável e todos se voltam a aprender e vencer pelo grupo. Isto é significativo para aqueles alunos que têm dificuldades de socialização ou aprendizagem, sendo assim, os jogos didáticos aumentam o desempenho escolar (Cunha, 2012).

Prado (2018) afirma que é relevante aprender dos jogos que o erro deve ser destacado, porém não pode ser tratado como algo depreciativo. O errar faz parte do processo de aprendizagem, e a partir dele podem ser encontrados caminhos para a formação do conhecimento. Assim como a derrota em uma partida, perder um jogo não vai significar que nada foi produtivo, e Prado (2018) reitera que os jogadores podem refletir com a derrota, no sentido de avaliar os caminhos percorridos, a fim de corrigir equívocos e buscar novas alternativas para a próxima vez.

Outro ponto importante a ser destacado é uma atualização da terminologia empregada em relação às definições de jogos. Os termos “Jogo Educativo” e “Jogo Didático” foram repensados pelos autores Cleophas, Soares e Cavalcanti (2018), com uma distinção mais clara ao que representa o jogo educativo, passado a ser tratado como Jogo Educativo Não-Formalizado e o Jogo Educativo Formalizado.

Essa diferenciação é necessária para que não ocorra uma mistura entre os tipos de jogos e que segundo os autores estes termos podem ser utilizados como se fossem a mesma coisa. Para Holanda, Cavalcanti e Guimarães (2022), citando Cleophas, Cavalcanti e Soares (2018), como os jogos ensinam habilidades indispensáveis para a vivência dentro ou fora de sala de aula, acredita-se que todos eles são educativos.

Com isso, podem ser divididos em “Jogos Educativos Informais” e “Jogos Educativos Formais”. Para Cleophas, Soares e Cavalcanti (2018), o primeiro se relaciona com a definição mais próxima de jogo que se tem, contudo, pode se tornar formalizado, caso acompanhe uma intenção de ensino que deseje oportunizar a aprendizagem de conceitos. Os autores dizem que o Jogo Educativo Formalizado é “inserido no meio escolar por meio de um professor que foi capaz de enxergar o potencial de um jogo educativo informal e o adaptar para atender seus objetivos pedagógicos” (Cleophas; Soares; Cavalcanti, 2018, p. 37).

Ademais, existe uma distinção no Jogo Educativo Formalizado, que se diferencia entre Jogo Didático e Jogo Pedagógico. Jogo Didático é um tipo de Jogo Educativo Formalizado que contém uma adaptação de um Jogo Educativo Informal, com a inserção de um conteúdo e utiliza-se de regras previamente decididas, pois o jogo em questão é uma adaptação de jogos já existentes (Cleophas; Cavalcanti; Soares, 2018). Seguindo o mesmo referencial, o Jogo Pedagógico não vem de uma adaptação de um outro jogo, pois é totalmente original, nele a capacidade cognitiva é desenvolvida acerca de um conteúdo.

3.2 A ESPECTROSCOPIA E O ENSINO

A espectroscopia é o estudo da interação da matéria com a radiação eletromagnética. Há uma variedade de técnicas de espectroscopia que se diferenciam a partir da região utilizada no espectro eletromagnético (McMurry, 2008). A Espectroscopia viabilizou, em pouco tempo, o descobrimento de vários elementos químicos e se mostrou excelente para conhecer mais sobre a constituição da matéria (Filgueiras, 1996).

De acordo com o mesmo referencial, Isaac Newton foi quem, no século 17, adequadamente escreveu sobre o fenômeno de decomposição da luz por um prisma, assim como sua recomposição através de um segundo prisma. Newton também foi o primeiro a denominar a palavra espectro como um conjunto de cores obtidas na decomposição da luz no prisma. Além disso, explicitou que o prisma não estava criando ou transmitindo cores, apenas separando-as da luz branca, pois eram constituintes.

Muitas descobertas puderam ser feitas a partir de Newton, assim como o desenvolvimento de técnicas espectroscópicas. Em 1800, William Herschel percebeu uma região do espectro solar acima do vermelho que produzia uma quantidade significativa de calor, esta região foi nomeada de infravermelho (Santana; Santos, 2017). Foi dessa forma que se compreendeu que a luz possuía constituintes que não podiam ser identificados apenas com a visão.

Para Filgueiras (1996), em 1777, o cientista Carl Scheele colocou amostras de cloreto de Prata sobre diferentes partes de um espectro solar, resultando em um escurecimento da amostra perto da região violeta. O mesmo referencial explicita que anos depois, Johann Ritter e William Hyde refizeram o experimento, de forma independente, testando uma região para além do violeta, observando a redução do sal de forma mais acentuada, descobrindo assim a radiação ultravioleta.

Apesar das descobertas e a disponibilidade de material que se tem hoje em dia, muitos estudantes apresentam dificuldades de compreender este conteúdo. Infere-se que o problema ocorre por se tratar de um algo abstrato, que durante sua introdução normalmente não é relacionado com outros conteúdos científicos. Além disso, pode ser que os estudantes não percebam uma aplicação do que está aprendendo no cotidiano, causando um desinteresse no tema.

3.2.1 Algumas Técnicas Espectroscópicas e o Ensino

A Espectroscopia Ultravioleta Visível (UV-vis) é uma espectroscopia óptica que estuda as transições eletrônicas que ocorrem na região do visível e ultravioleta (Solomons, 2009). De acordo com o autor, estes espectros propiciam informações sobre a estrutura da molécula como o tipo de ligação de um composto e seu tamanho.

A Espectroscopia no Infravermelho (IV) é um método instrumental fácil e veloz que pode ser utilizado para destacar grupos funcionais presentes em uma molécula orgânica (Solomons, 2009). Bem como acontece com outras absorções de energia, quando as moléculas absorvem energia no infravermelho, passam para um estado excitado (de maior de energia), de forma quantizada.

A Ressonância Magnética Nuclear (RMN) também é uma importante técnica espectroscópica para Química Orgânica. Diversos tipos de núcleos podem ser analisados pela técnica de RMN, porém, os principais tipos estudados são o Hidrogênio e o Carbono (Pavia, 2010). Para o autor, ao passo que no IV podem ser descobertos os grupos funcionais que

compõem uma molécula, na RMN pode-se quantificar átomos quimicamente diferentes presentes no isótopo estudado. Dessa forma, unir estas duas técnicas tem se mostrado suficiente para descobrir integralmente a estrutura de uma molécula desconhecida, apenas analisando seus espectros.

Para Vieira (2022), ensinar esse tipo de conteúdo para estudantes que gostam de dinamismo nas aulas não é um trabalho fácil. Isto ocorre porque o tema espectroscopia é muito específico, na parte conceitual e visual, causando desinteresse por parte dos estudantes por pensar que é difícil ou que precisa apenas decorar as principais partes do conteúdo. Outro ponto a se refletir é que a temática é prioritariamente trabalhada em cursos de bacharelado, por professores que costumam não adicionar uma porção didática ao que vem sendo ensinado.

Desse modo, foi feita uma pesquisa de trabalhos que abordam alguns tipos de espectroscopia (UV-VIS, RMN e IV) de forma diferente, mais acessível. Ou seja, com o intuito de simplificar o ensino de um tema complexo e relacionar esse conteúdo com recursos conhecidos pelos estudantes.

O primeiro exemplo a se destacar é em relação à tese de mestrado de Vieira (2022), “O Ensino de Espectroscopia Aplicado à Química a partir da Elaboração do Ebook ‘Heróis E Vilões: Os Poderes das Ondas Eletromagnéticas’”. Nela se procura relacionar a interação da matéria com as radiações eletromagnéticas a partir da utilização de diversos personagens conhecidos pelo público jovem, com o fim de aproximar os estudantes a ciência com algo consumido normalmente, que são os filmes.

A autora do trabalho expressa que este foi desenvolvido com o intuito de pesquisar como utilizar os poderes de heróis pode contribuir para o ensino, visto o envolvimento dos alunos com os filmes e séries que tratam de super-heróis (Vieira, 2022). Seguindo com o mesmo referencial, essa pesquisa se mostrou com potencialidade de ser uma aliada para o ensino de Química em se tratando de espectroscopia.

Outro trabalho que se destacou por trabalhar a espectroscopia de maneira didática foi o trabalho intitulado “O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física” (Silva; Moraes, 2015). Nele, ocorre uma interdisciplinaridade entre as duas disciplinas, que por meio de uma sequência didática nas aulas de Física é tratada a espectroscopia, de modo a contribuir na compreensão dos modelos atômicos nas aulas de Química.

Dessa forma, Silva e Moraes (2015) escolheram o tema com a intencionalidade de relacionar diretamente os assuntos entre duas disciplinas de ciências. Para os autores, o resultado da pesquisa foi satisfatório, pois a partir da abordagem escolhida foi possível

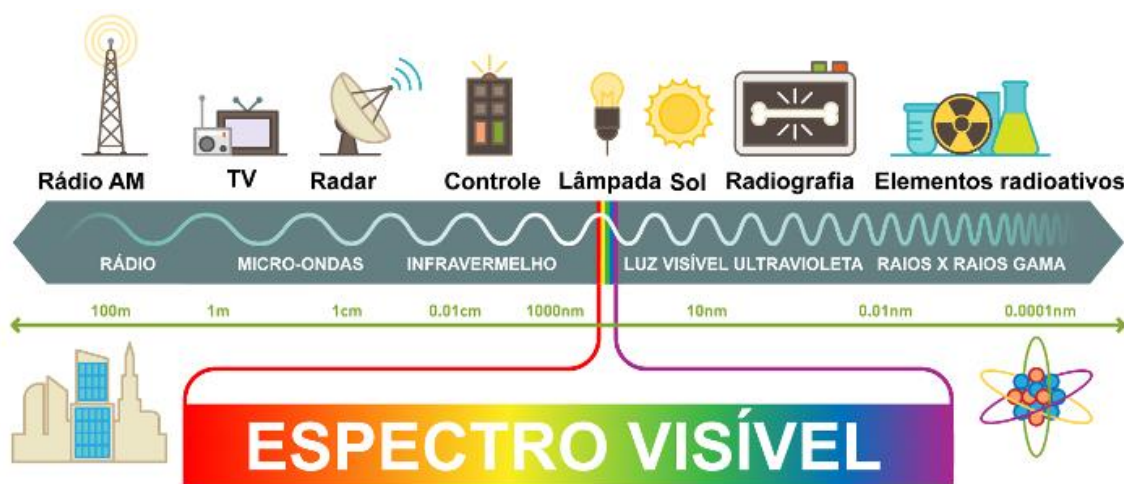
responder as dúvidas que surgiram sobre os modelos atômicos por meio do que foi visto nas aulas de Física.

Por fim, destaca-se o trabalho “Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio”, em que Leite e Prado (2012) apresentam conceitos e definições sobre o tema, salientando a importância do tema em vários campos da ciência, como na Química, Física e Biologia. Apesar de ser uma temática que não é vista com frequência no ensino médio, a partir dela pode-se relacionar e discutir com outras questões vistas no cotidiano.

3.3 FUNDAMENTOS DA ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO

A espectroscopia no infravermelho é uma técnica experimental que fornece a presença de vários grupos funcionais (Solomons, 2009). Para isso acontecer, é preciso uma interação da radiação eletromagnética com as moléculas ou átomos. Todas as formas de espectroscopia dependem desta interação, modificando apenas a região do espectro eletromagnético. Para Silverstein *et al.* (2006), a radiação infravermelha está localizada entre as regiões do visível e da micro-ondas no espectro, e a parte com maior utilidade está entre 4000 cm^{-1} e 400 cm^{-1} , como se pode ver na Figura 1.

Figura 1 – Espectro Eletromagnético.



Fonte: Mundo Educação.

Além disso, esta radiação permite aos átomos e conjuntos de átomos vibrar com grande amplitude em volta das ligações covalentes que os conectam (Solomons, 2009). Para este mesmo referencial, a radiação infravermelha não possui a energia suficiente para excitar elétrons, como ocorre quando as moléculas entram em contato com outras radiações, como o

visível e ultravioleta. Ou seja, a energia desta radiação é menor que a necessária para excitar átomos, porém é suficiente para provocar vibração neles.

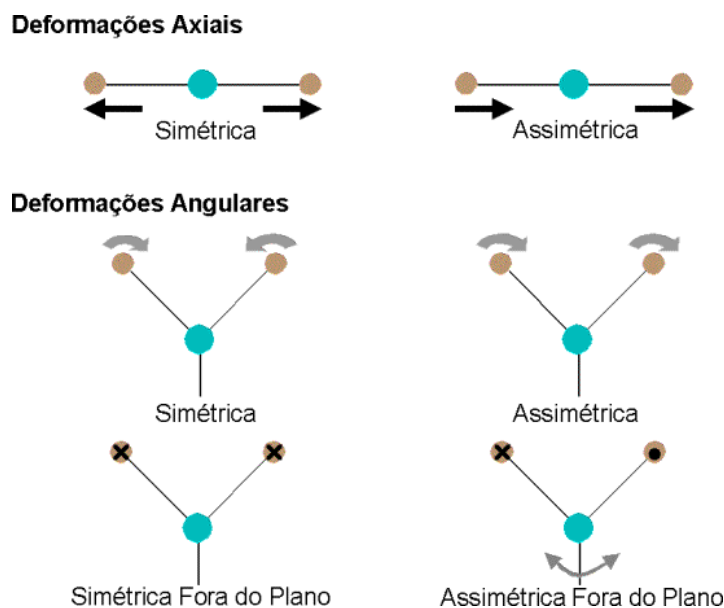
Essas vibrações ocorrem em regiões frequências específicas, que correspondem às frequências de absorção no espectro infravermelho, sendo características de grupos funcionais próprios daquelas moléculas e tais vibrações são quantizadas, então conforme acontecem os compostos absorvem energia em partes particulares do espectro de IV (Solomons, 2009). Dessa forma, cada frequência de absorção no espectro infravermelho representa um grupo funcional distinto, que permite a identificação desses grupos em uma molécula desconhecida.

A radiação na região do infravermelho vibracional no espectro eletromagnético normalmente é descrita na unidade número de onda ($\tilde{\nu}$), medida por cm^{-1} (Pavia, 2010). Segundo o autor, opta-se por representar com esta unidade pois o número de onda é diretamente proporcional a quantidade de energia, ou seja, um número de onda maior vai corresponder também a uma energia maior. Essa relação permite facilitar a interpretação dos resultados, uma vez que a intensidade de uma banda ou pico de absorção no IV se relaciona com a quantidade de energia.

As vibrações permitem que as ligações covalentes procedam como se fossem molas ligando os átomos (Solomons, 2009). O autor complementa que as moléculas são capazes de vibrar de jeitos diferentes, em vista disso, Pavia (2010) corrobora que as classes mais simples de movimento vibracional em uma molécula, presente no IV, são as de estiramento e deformação. As vibrações de estiramento podem ocorrer de forma simétrica e assimétrica, sendo que a segunda tem uma maior frequência, além disso, as vibrações de estiramento possuem uma maior frequência que a de deformação (Pavia, 2010). Na Figura 2 são mostradas as representações dos diferentes tipos de vibração.

Existem alguns fatores que influenciam na frequência de uma certa vibração no espectro de IV, Solomons (2009) desenvolve que as massas dos átomos presentes na ligação (átomos mais leves vibram em frequências mais altas que os mais pesados) e rigidez relativa da ligação são estes fatores. Além disso, não são todas as vibrações originam absorção de energia no infravermelho, para Silverstein *et al.* (2006) são apenas aquelas que fazem uma mudança no momento de dipolo da molécula.

Figura 2 – Tipos de Vibração Molecular



Fonte: Soares, 2014.

Existem alguns fatores que influenciam na frequência de uma certa vibração no espectro de IV, Solomons (2009) desenvolve que as massas dos átomos presentes na ligação (átomos mais leves vibram em frequências mais altas que os mais pesados) e rigidez relativa da ligação são estes fatores. Além disso, não são todas as vibrações originam absorção de energia no infravermelho, para Silverstein *et al.* (2006) são apenas aquelas que fazem uma mudança no momento de dipolo da molécula.

Dessa forma, para que aconteça uma absorção energética no infravermelho, é preciso que o momento de dipolo varie ao passo que a vibração acontece (Solomons, 2009). Assim, moléculas que possuem este valor nulo não absorvem radiação no IV para o estiramento simétrico. Em contrapartida, estas moléculas podem absorver energia no caso de estiramento assimétrico, pois os átomos envolvidos se afastam e aproximam de forma desigual, de forma a variar o momento de dipolo.

De acordo com Solomons (2009), uma absorção de vibração pode aparecer em uma região fora da medida por um espectrômetro, porém, também pode apresentar-se tão perto de outra que os picos acabam se sobrepondo. Assim, os espectros de IV trazem uma singularidade ao composto, uma vez que é difícil a possibilidade de duas substâncias apresentarem os mesmos picos (Solomons, 2009). Dessa forma, essa técnica experimental é conhecida por mostrar a “impressão digital” de uma molécula, por apresentar um espectro com características inconfundíveis.

3.3.1 Principais características dos espectros de IV

Existem picos característicos para absorções características de grupos no infravermelho, distinguindo-se na faixa de frequência em que acontecem. Para Pavia (2010), para conseguir informações sobre a estrutura de uma molécula, deve-se conhecer as principais frequências relacionadas que grupos funcionais absorvem. Para auxiliar nesse processo, existem tabelas com os principais valores de frequência e seus grupos funcionais relacionados, de forma a facilitar a identificação de uma substância desconhecida.

Os hidrocarbonetos apresentam picos na região de $2800 - 3300 \text{ cm}^{-1}$, provenientes de estiramentos entre carbono e hidrogênio (Solomons, 2009). O autor complementa que o local exato do pico vai depender da força desta ligação, que vai depender do estado de hibridização do carbono. Além disso, ligações com carbono de hibridização sp são mais fortes que carbonos sp^3 , seguindo a força da ligação $sp > sp^2 > sp^3$. Segue o exemplo de algumas absorções características de grupos funcionais (Quadro 1).

Quadro 1 – Absorções no infravermelho características de grupos funcionais.

Grupo	Faixa de número de onda (cm^{-1})	Intensidade*
Alquil		
C–H (estiramento)	2853 – 2962	(m – F)
Alquenil		
C–H (estiramento)	3010 – 3095	(m)
C=C (estiramento)	1620 – 1680	(v)
<i>cis</i> -RCH=CHR	675 – 730	(F)
<i>trans</i> -RCH=CHR	960 – 975	(F)
Alquinil		
$\equiv\text{C}$ –H (estiramento)	~3300	(F)
$\text{C}\equiv\text{C}$ (estiramento)	2100 – 2260	(v)

* Intensidade: F = forte, m = média, f = fraca, v = variável

Fonte: Solomons, 2009.

Além das vibrações decorrentes de hidrocarbonetos, também são possíveis identificar de grupos funcionais que contêm heteroátomos. “A espectroscopia no infravermelho fornece-nos um método inestimável para reconhecer rapidamente e de maneira simples a presença de determinados grupos funcionais em uma molécula” (Solomons, 2009, p. 77).

Para o autor, um desses grupos específicos é a carbonila (C=O), que está presente em cetonas, amidas, ésteres, aldeídos, dentre outros. Este grupo fornece um pico forte na região entre 1630 e 1780 cm^{-1} (Quadro 2). Porém, para compreender a sua localização exata é preciso saber se a carbonila tem origem de qual grupo especificamente, pois isto altera o número de onda. Além disso, álcoois e fenóis são simples de reconhecimento no espectro, devido a sua absorção de estiramento pela ligação entre oxigênio e hidrogênio (Solomons, 2009). O pico exato destes grupos funcionais depende do grupo originário da hidroxila, que pode ser de ácido carboxílico, álcool e fenol.

Quadro 2 – Absorções no infravermelho características de grupos funcionais.

Grupo	Faixa de frequência (cm^{-1})	Intensidade*
Álcoois, Fenóis e Ácidos Carboxílicos		
O–H (estiramento)		
Álcoois e fenóis (sol. diluída)	3590 – 3650	(estreita, v)
Álcoois e fenóis (lig. hidrogênio)	3200 – 3550	(larga, F)
Ácidos carboxílicos (lig. hidrogênio)	2500 – 3000	(larga, v)
Aldeídos, Cetonas, Ésteres, Ácidos Carboxílicos e Amidas		
C=O (estiramento)	1630 – 1780	(F)
Aldeídos	1690 – 1740	(F)
Cetonas	1680 – 1750	(F)
Ésteres	1735 – 1750	(F)
Ácidos Carboxílicos	1710 – 1780	(F)
Amidas	1630 – 1690	(F)
Aminas N–H	3300 – 3500	(m)
Nitrilas C≡N	2200 – 2260	(m)

* Intensidade: F = forte, m = média, f = fraca, v = variável

Fonte: SOLOMONS, 2009.

Dessa forma, Pavia (2010) orienta que em um primeiro momento deve-se conhecer as principais bandas (faixa de frequências) dos espectros e assim analisar a presença ou ausência de alguns grupos funcionais. Por isso, é uma interessante alternativa consultar tabelas de espectroscopia no infravermelho para se familiarizar com os principais grupos, pois isso facilita a forma de interpretar diferentes espectros e descobrir substâncias desconhecidas.

4 METODOLOGIA

A definição da metodologia foi uma parte fundamental para este trabalho, pois a partir dela se pode estabelecer e orientar todo o projeto de pesquisa. Em relação à natureza da pesquisa, esta possui natureza aplicada. Tuani, Leite e Almeida (2016) comentam que o tipo de pesquisa tem finalidade de criar conhecimento para a aplicação prática, voltados para solucionar problemas. Dessa forma, o estudo se caracteriza assim pois teve como propósito produzir um Jogo Pedagógico que auxilie o estudante a compreender um determinado conteúdo químico.

Para atingir os objetivos propostos deste estudo, a abordagem utilizada foi qualitativa. O método qualitativo busca responder questões particulares, em um nível social que não pode ser quantificado, investigando o porquê das coisas (Minayo, 2001). Portanto, foi analisada a elaboração de uma proposta de um Jogo Educativo Formalizado com caráter investigativo que aborda Espectroscopia no Infravermelho.

4.1 DESENVOLVIMENTO DA CONCEPÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de Pernambuco, no Centro Acadêmico do Agreste, e teve como objetivo desenvolver um jogo pedagógico de caráter investigativo abordando a temática Espectroscopia no Infravermelho. À vista disso, esta seção busca apresentar os detalhes da pesquisa, como compreender a temática, desenvolver as características do jogo e a elaboração final da atividade lúdica.

4.2 ELABORAÇÃO DO ENREDO

Para criação da história deste jogo, foi necessária inicialmente uma pesquisa bibliográfica sobre a utilização de jogos no Ensino da Química, para perceber os aspectos específicos dessa metodologia ativa e quais suas possíveis contribuições para a educação. Além disso, foram explorados tipos de jogos existentes que abordam a temática química, a fim de analisar as mecânicas, construção do enredo e a forma em que são estruturados. Estes dois aspectos foram fundamentais para este trabalho, para fornecer um embasamento teórico e aplicação na prática para a elaboração do enredo.

O jogo foi desenvolvido sob um aspecto de investigação, em que a partir de uma história principal pode-se criar casos que estão correlacionados. E trouxe inspiração de diferentes produções que abordam esse mesmo gênero, em jogos de tabuleiro como Scotland Yard

(Editora Grow) e Detetive (Editora Estrela), e de séries de TV como Dexter (*CBS Television Distribution*) e Scherlock (*BBC One*). Para conceber a atividade primeiramente foi definida a temática a se trabalhar: Espectroscopia no Infravermelho, um tema que carece de propostas e trabalhos no Brasil.

Após a definição do assunto, um esboço do roteiro foi idealizado e desenvolvido, com as principais regras para o jogo. Em seguida, os casos de mistério foram elaborados, assim como as pistas que iriam solucionar o problema. Com isso, foi possível realizar a conexão entre o jogo, a história por trás dele e os casos de mistério, desafios que foram desenvolvidos a partir de um conteúdo de Química.

4.3 VALIDAÇÃO TEÓRICA

Como este trabalho se trata do desenvolvimento de uma proposta pedagógica, não foi possível aplicá-lo com estudantes de química para obter sua validação prática. Porém, foram utilizados critérios de Nývák e Souza (2008), citado por Simões Neto *et al.* (2016), para obter validação teórica do jogo criado. Essa abordagem permitiu analisar características do jogo a fim de melhorar sua jogabilidade com base nos princípios determinados pelos autores.

São 7 critérios de validação teórica que devem ser considerados na construção do jogo, que são:

1. Interação: o jogo busca promover interação entre os participantes, seja pela competição ou cooperação;
2. Dimensão da Aprendizagem: tem em vista promover a aprendizagem, para sondar conhecimentos que já foram construídos ou memorizar dados e conceitos;
3. Jogabilidade: o jogo tem uma jogabilidade simples de entender e permite imersão na história;
4. Aplicação: o jogo propicia variação na sua aplicação, para se adequar as necessidades;
5. Desafio: o jogo possui desafios e busca engajar os jogadores;
6. Limitação de Tempo e Espaço: o jogo possui limite em relação ao espaço na sala de aula e tempo de duração;
7. Criatividade: o jogo possui situações em que requerem o uso da criatividade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O jogo foi pensado de modo a tratar um tema específico da Química, a Espectroscopia no Infravermelho. Ela é uma técnica de identificação de moléculas e compostos baseada na interação da radiação infravermelha com as ligações químicas. Por isso, refletiu-se que seria interessante abordar esse tema para uma atividade lúdica que fosse preciso desvendar mistérios a partir de conceitos trabalhados na espectroscopia, como estiramentos, bandas e absorções, ademais de conceitos gerais de química, tal como fórmula molecular, identificação de grupos funcionais e propriedades físico-químicas.

Com isso, optou-se por desenvolver um jogo pedagógico no formato de tabuleiro, para que os jogadores possuam a liberdade de movimentação no mapa e a escolha de interagir com diferentes elementos. Assim, foi pensado em um mapa que representa uma pequena cidade e possui sete ambientes principais: hospital, delegacia, jornal, sala de análises, biblioteca, laboratório, escola. Estes ambientes foram escolhidos para que ocorresse uma integração entre os lugares e os casos de cada mistério, ou seja, ambientes que abrangessem os casos de mistério ao máximo, mudando apenas a abordagem.

5.1 A HISTÓRIA DO JOGO E SUAS REGRAS

O jogo de tabuleiro possui uma história que busca investigação e se passa no interior de Pernambuco, e nesse ambiente estavam acontecendo enigmas que não possuíam solução. Por isso, quatro especialistas na técnica de Espectroscopia no Infravermelho foram convocados para resolver os mistérios. Portanto, os jogadores assumem o papel de cientistas investigativos que foram contratados em um laboratório especialista em pesquisa utilizando IV. A história do jogo encontra-se a seguir:

Quadro 3 – Apresentação da história do jogo.

MISTÉRIO NO INFRAVERMELHO

Em uma cidade pequena e pacata localizada no interior de Pernambuco, estavam acontecendo com pessoas mistérios relacionados a substâncias que ninguém conseguia decifrar suas estruturas e propriedades. Por isso, quatro cientistas foram contratados para trabalhar em um laboratório especializado em Espectroscopia no Infravermelho, o AGRESTE'S LAB.

Os quatro cientistas eram especialistas nesta área de pesquisa e chegaram na cidade, pois foram convocados para desvendar os problemas que assolavam a cidade e utilizar seus conhecimentos em Espectroscopia no Infravermelho para investigar os fenômenos. Ao chegarem no laboratório, foram recebidos pelo Dra. Regina Scheele, diretora do centro de pesquisa. Ela explicou que nos últimos meses estavam acontecendo coisas que eram difíceis de serem explicadas, principalmente por conterem pistas em diferentes pontos da cidade.

Os cientistas montaram seu laboratório para trabalho com equipamentos de última geração e começaram a coletar amostras dos objetos e visitar os locais envolvidos nas ocorrências. Utilizando a Espectroscopia no Infravermelho, eles analisaram a composição química e a estrutura molecular das amostras, buscando pistas que pudessem explicar os eventos.

Porém, anteriormente na cidade, aconteceu um jogo de interesses que entre cientistas e autoridades, que causou suspeita pelos resultados obtidos. Assim, apesar de ser mais trabalho a ser feito pelos cientistas, foi solicitado que cada um trabalhasse de forma individual. Dessa forma, poderia existir o comparativo entre as conclusões encontradas, aumentando a probabilidade de a resolução do caso estar correta.

Determinados a desvendar esse mistério, os cientistas mergulharam em um intenso trabalho de pesquisa. Eles tinham que andar por diferentes ambientes da cidade para coletar amostras possíveis de contribuir na solução dos problemas, como o hospital, a delegacia, a biblioteca, dentre outros.

No final deste ano vai ocorrer uma seleção para escolher quem vai comandar o laboratório, pois a Dra. Regina está perto de se aposentar e quem conseguir mais soluções dos mistérios obterá pontos extras em sua candidatura. Então, o ou a cientista envolvido(a) pode, além de ter êxito profissional, devolver aos moradores da cidade a calma e quietude que foram tiradas com os casos que surgiram.

Fonte: Própria, 2023.

O objetivo principal do jogo é desvendar os mistérios intrigantes usando as técnicas de espectroscopia para identificar substâncias desconhecidas. Além de resolver estes acontecimentos que serão ilustrados a seguir, o jogo também procura um substituto para a doutora que gerencia o laboratório, adicionando um significado a quem for o vitorioso da

partida. Sendo assim, é esperado do jogador movimentação pelo tabuleiro para colher pistas sobre cada caso e apresentar um desfecho para história, com a substância envolvida no episódio.

Além de construir o enredo inicial, para a construção da proposta foram desenvolvidos componentes (Apêndice A), a fim de aprimorar a jogabilidade. Estes foram considerados como partes essenciais do jogo, ou seja, o que é necessário para que os jogadores possam ter uma boa experiência. Dessa forma, serão apresentados a seguir:

Componentes do jogo:

- 1 Tabuleiro: O tabuleiro apresenta uma parte de uma pequena cidade, com 7 diferentes regiões disponíveis para pistas;
- Fichas de mistério: As fichas de mistérios contêm uma breve história contendo informações sobre as substâncias desconhecidas a serem identificadas;
- Fichas de pontuação: Nessas fichas serão anotados os vencedores de cada rodada;
- 1 Ficha de Absorções no IV: Nessa ficha estão reunidos os principais grupos funcionais e suas absorções na região do infravermelho;
- 4 peões: Representando os cientistas investigadores;
- Bloco de Pistas: Este bloco reúne as pistas de todos os casos e deve ser consultada pelo mediador do jogo;
- Caderno de Amostras: Contém as resoluções de todos os casos, com as substâncias indicadas;
- Bloquinho para Anotação: Cada jogador pode pegar uma folha do bloco para anotar as observações e comentá-las;
- 1 Dado de seis lados para movimento (d6);
- 1 Carta Especial para cada jogador.

Dessa forma, para iniciar cada rodada é preciso que os jogadores recebam: uma Ficha de Mistério, para entender mais do episódio que vai se desenvolver; uma Ficha de Absorção, para efetuar consultas sobre os espectros; uma Ficha de Pontuação, para ter um acompanhamento dos pontos de cada jogador; e uma folha do Bloquinho para Anotações, a fim de sistematizar as ideias que surgirem. Além disso, existe uma carta especial que pode ser utilizada a qualquer momento durante toda a partida, como um fator de adicionar competição e será explicada melhor nas regras do jogo.

O jogo foi pensado para ter no máximo 4 jogadores, por isso na história encontram-se 4 cientistas especializados. Ademais, deve-se jogar de forma individual, seja para colher informações, analisar espectros e deslocar-se pelo mapa. Porém, é esperado que exista

comunicação entre os jogadores no final de cada rodada, pois pode ser que existam discussões sobre os acontecimentos que foram observados, e nesse caso o conhecimento pode ser construído de forma coletiva, com a ajuda de um professor. É possível, em uma variação do jogo, e a critério do professor (ou do mediador), que ele seja jogado por duplas, o que permitiria a participação de até oito pessoas.

Cada jogador inicia uma rodada em um ponto de partida no mapa, existem 4 casas de início disponíveis, uma em cada extremidade se considerar o mapa retangular. No início de cada rodada, um caso será aberto para os estudantes pelo professor mediador, em seguida, estarão disponíveis diversos ambientes que podem conter pistas valiosas para o cenário. Assim, os jogadores se movimentarão no mapa através de peões que representam cientistas especialistas e a quantidade de casas para se transferir serão determinadas mediante a jogada de um dado (d6).

Em cada turno, os jogadores poderão lançar o dado de uma vez e vai indicar quantas casas pode se movimentar. Por exemplo, se aparecer o número 3 no dado pode-se mobilizar três quadradinhos no mapa. A direção a ser percorrida é de escolha livre, então fica a critério de a pessoa da rodada escolher para qual sentido vai se descolar mediante as estratégias utilizadas. A mecânica de movimentação com base no lançamento de dados é interessante para adicionar um elemento de sorte, uma vez que pode aparecer no dado um número aleatório.

Estes direcionamentos foram analisados para compor as regras do jogo, que é um elemento fundamental com o objetivo de orientar os jogadores em cada partida e estão indicadas a seguir. Estas regras indicam comandos e comportamentos que devem ser adotados para a atividade funcionar e garantir o equilíbrio entre o conteúdo químico e a ludicidade. Para a elaboração destas, foi decidido que deveria ter uma linguagem simples, para facilitar o entendimento do jogo, e também pudesse ser posta em prática com facilidade.

Regras do Jogo:

1. Os jogadores rolam o dado para determinar a ordem de jogo.
2. Cada jogador escolhe um peão e coloca sua peça em uma das casas iniciais do tabuleiro.
3. Os jogadores recebem uma ficha de mistério com um caso a ser desvendado naquela rodada, em cada rodada deve-se resolver o mesmo caso para todos os participantes.
4. Os jogadores devem se mover em turnos, de acordo com o número que saiu no dado, à procura das pistas, localizadas nos ambientes indicados no tabuleiro.

5. Quando um jogador entra em um desses espaços (por exemplo: biblioteca, delegacia, laboratório), ele recebe a pista correspondente aquele espaço e a substância desconhecida a ser encontrada naquele caso específico.
6. Os jogadores caminham por todo o tabuleiro (se desejarem) reunindo informações que levem à identificação da substância desconhecida.
7. Os jogadores devem utilizar as informações obtidas através das pistas para identificar as substâncias desconhecidas envolvidas nos mistérios, podendo registrar e organizar na folha do bloco de anotações as dicas coletadas nos lugares.
8. Quando um jogador achar que conseguiu solucionar o mistério, deve se dirigir a um dos pontos iniciais do tabuleiro e aguardar os outros jogadores, que continuam andando pelo tabuleiro coletando as pistas até decidirem se dirigir também ao início e finalizar a rodada.
9. Cada jogador terá uma carta especial que lhe dá o direito de encerrar uma rodada antecipadamente para apresentar a resposta, mesmo que os outros jogadores ainda não tenham apresentado.
10. Quando os jogadores tiverem deixado o tabuleiro e apresentado suas respostas, o caderno de amostras poderá ser consultado. Caso todos tenham acertado, o que saiu primeiro recebe 10 pontos, o segundo, 9 pontos, o terceiro 8 pontos e o último 7 pontos.
11. O primeiro jogador que atingir 30 pontos vence o jogo.

Com isso, é esperado que quando um caso for exposto aos jogadores, exista um deslocamento para descobrir qual a substância desconhecida com base nas informações. As dicas podem variar desde a fórmula molecular da substância, notícias ou aplicações presentes no dia a dia ou informações de espectroscopia, seja com espectros ou sinais de absorção. Fica a critério do jogador coletar todas as pistas ou mesmo algumas, pois pode ser que este consiga descobrir qual a molécula ao coletar poucas dicas.

Após encontrar a substância que solucionaria o caso, cabe ao jogador se deslocar para uma das casas de início do jogo e aguardar que os outros integrantes também se direcionem para tal. A rodada se encerra quando todos os membros que estão participando se encaminhem para estas casas. Com isso, o primeiro jogador a finalizar a partida deve explicar como chegou naquele resultado, com base em suas anotações, e a solução do episódio deve ser revelada.

Porém, caso a explicação do incidente esteja incorreta, cabe ao participante seguinte identificar o erro de interpretação e esclarecer como associou as dicas para resolver o caso. Também é possível que o professor mediador participe da discussão caso aconteça algum

equivoco por parte dos estudantes, de algum erro conceitual ou compreensão geral do jogo. Dessa forma, após encerrar a rodada e os questionamentos tenham sido concluídos, os jogadores recebem uma pontuação a partir da ordem de finalização desde que a resposta apresentada esteja correta.

Entretanto, existe uma mecânica neste jogo que permite encerrar a rodada para todos os membros, bastando utilizar a carta especial. Este recurso autoriza que apenas um jogador apresente a solução, sendo assim apenas este pontuaria, limitado a uma carta por jogador durante toda a partida. Desta forma, é interessante que os casos sejam apresentados e desenvolvidos, sendo estes relatados no próximo tópico.

5.2 CASOS DE MISTÉRIO

Neste trabalho, foram elaborados três casos de mistério para ilustrar como seriam utilizados em uma proposta de um jogo pedagógico envolvendo espectroscopia. Os casos tiveram como objetivo abordar moléculas orgânicas e seus espectros, mas para isso foram criadas histórias que se relacionem com as substâncias e seu manuseio por personagens fictícios. Portanto, serão apresentados a seguir, separado por marcadores, os casos seguidos de suas pistas, com uma breve explicação e o que se espera de um estudante de química, relacionado a compreensão e habilidades desenvolvidas.

- CASO 1

A apresentação do Caso 1, intitulado “O Enigma do Frasco sem Etiqueta”, pode ser lido em detalhes no Quadro 4.

Quadro 4 – Apresentação do primeiro caso.

O Enigma do Frasco Sem Etiqueta

O professor Marcelo Tadeu era famoso por amar seu trabalho ensinando Química, ele gostava de utilizar em suas aulas experimentos para demonstrar como as reações aconteciam. O seu laboratório sempre se destacou por ser repleto de reagentes e soluções químicas, porém, no último ano o professor estendeu a sua carga horária na escola e isso diminuiu o tempo disponível para organizar seu espaço de trabalho.

Em um dia especialmente agitado, o professor decidiu que precisava organizar o laboratório, era o momento de arrumar e etiquetar todas as substâncias no laboratório, para garantir a segurança de todos e evitar problemas futuramente. Marcelo começou escrevendo o nome das substâncias e suas respectivas fórmulas e substituindo os rótulos que estavam com um aspecto que dificultava a leitura, ele ficou nesse processo até o momento em que tirou a etiqueta de duas substâncias e foi interrompido pela diretora pedindo para ele substituir a professora de inglês, que faltou para resolver uma urgência.

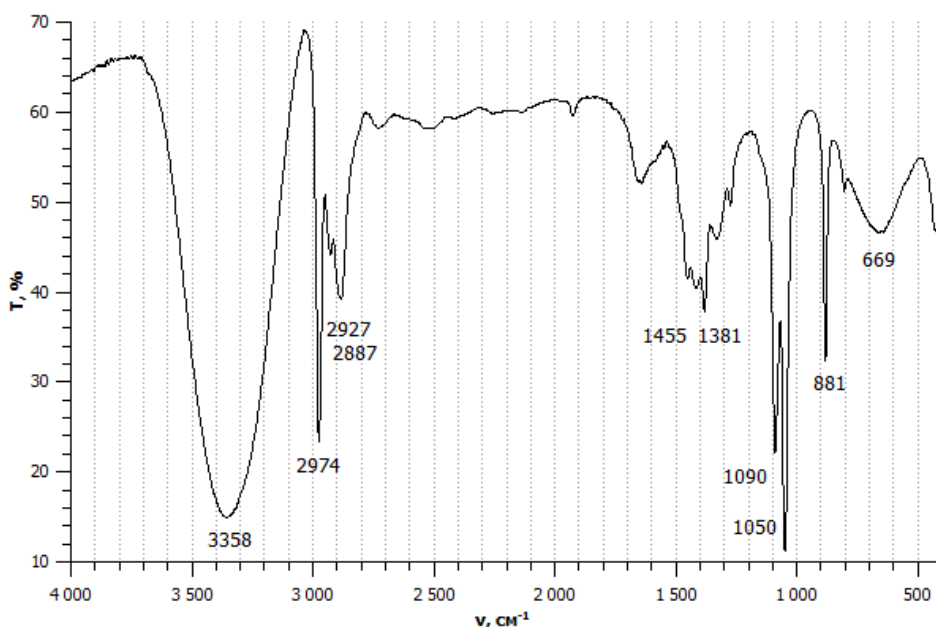
Duas horas depois, o professor voltou para o laboratório com a cabeça a mil, pois a turma estava muito agitada durante as aulas. Quando ele tornou a ordenar os reagentes na prateleira, se deparou com um frasco específico sem etiqueta e não conseguia se lembrar qual era a substância, o cansaço mental também o impedia de encontrar uma resposta. No momento de confusão, um aluno entrou em seu laboratório para tirar dúvidas sobre uma questão da lista de exercício e viu a aflição do professor, ao perguntar o que tinha acontecido, o professor acabou desabafando com o estudante. No dia seguinte, por estar com a mente mais tranquila, o professor compreendeu que já estava muito atarefado e contatou sua orientadora do mestrado Regina, solicitando ajuda para identificar a substância desconhecida.

Pistas:

1. **Delegacia:** Um aluno da escola acabou comentando com os amigos sobre a situação do professor e essa notícia acabou chegando nos pais dos estudantes. Quando os pais descobriram o incidente, ficaram preocupados com a segurança dos seus filhos e abriram um boletim de ocorrência para exigir explicações e garantias de que medidas seriam tomadas para evitar semelhanças como essa no futuro.
2. **Escola:** A vistoria rigorosa no laboratório da escola revelou uma descoberta alarmante: existiam dois rótulos preenchidos pela metade com a mesma fórmula molecular. A explicação para isso foi que o professor teria sido interrompido pela diretora no meio da escrita, e em ambos os papéis estava sinalizando a fórmula C_2H_6O .
3. **Jornal:** Após pesquisas serem realizadas sobre o reagente, percebeu-se que este é uma substância multifuncional. O seu potencial é evidenciado tanto na indústria quanto na saúde e pode ser uma alternativa sustentável para várias necessidades sociais.

4. **Laboratório:** Após uma amostra ser coletada e analisada no espectrômetro de infravermelho, os sinais em destaque observados no espectro foram nas regiões de: 3358 cm^{-1} , 2974 cm^{-1} e 1381 cm^{-1} .

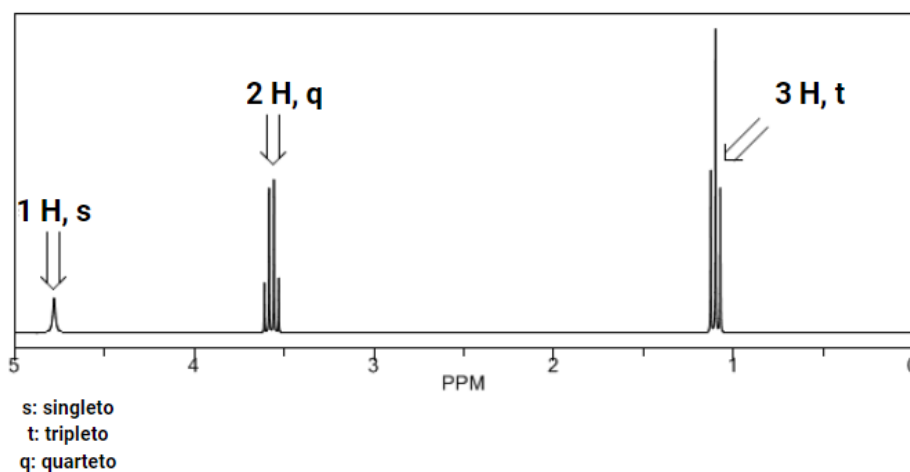
Figura 3 – Espectro de IV da Substância do Caso 1.



Fonte: WikiWand

5. **Sala de Análises:** Ainda abalado com o caso, o professor solicitou que mais uma análise fosse feita para tirar o peso da consciência e aprimorar a resposta que seria fornecida para os pais dos alunos. Assim, foi solicitado também um espectro utilizando a técnica de Ressonância Magnética Nuclear de hidrogênio, e teve como resultado o espectro:

Figura 4 – Espectro de RMN¹H da Substância do caso 1.



Fonte: QuímicaOrganica.org, adaptado.

6. **Biblioteca:** Em busca de se aprofundar pelas propriedades físico-químicas desta substância, o cientista enviado pela Dr^a Regina descobriu que o líquido incolor que estava sendo investigado possuía características de ser volátil, misturar-se facilmente com a água e ser relativamente seguro para o uso humano, ou seja, possui baixa toxicidade.

Fonte: Própria, 2023.

As pistas podem ser coletadas de forma aleatória, a depender da escolha dos estudantes de inspecionar um ambiente e logo após relacionar as informações. Neste primeiro caso, a pista na *delegacia* apenas adiciona um enredo para a história, não sendo efetiva para solucionar o caso. Porém, na *escola* surge uma valiosa pista: a fórmula molecular do composto (C_2H_6O), que pode ser relacionado rapidamente ao etanol, apesar de existir um isômero de éter.

Por isso, se faz necessário a confirmação dessa estrutura por outros meios, como pela técnica de identificação de grupos funcionais. No *laboratório*, é apresentado um espectro de infravermelho e necessita que o aluno saiba interpretá-lo, partindo dos principais sinais, assim, é preciso que o aluno tenha domínio no conceito de banda e consiga identificar uma banda larga na região de 3358 cm^{-1} , caracterizada pela função álcool, normalmente localizada entre $3200\text{--}3550\text{ cm}^{-1}$. Além disso, possui um estiramento na região de 2974 cm^{-1} , típico de ligações entre carbono e hidrogênio ou grupo alquila.

Caso o estudante ao descobrir da fórmula molecular e ficar em dúvida a respeito do grupo funcional do presente no composto, quando observar o espectro de IV fica claro que uma hidroxila (O–H) compõe sua estrutura, por apresentar uma banda larga característica da função. Além do mais que se pode analisar um espectro por eliminação de sinais específicos, se a função éter estivesse presente no composto, existiria algum sinal significativo entre $1000\text{ e }1300\text{ cm}^{-1}$, o que não acontece.

Dessa forma, fica claro que se trata de um álcool, mas pode ser que ainda existam dúvidas quanto à disposição dos seus átomos no espaço. Com isso, o espectro de RMN ^1H da substância, que foi revelado na *sala de análises*, fornece as principais informações sobre a estrutura. Primeiramente, pode-se analisar com a região mais blindada que possui 3 hidrogênios e um tripleto (dois vizinhos), e considerar que seja um CH_3 . Em seguida, seguindo pela esquerda, observam-se dois hidrogênios em um quarteto (três vizinhos), acredita-se que seja um CH_2 , que está ao lado do grupo metila.

Portanto, para finalizar a estrutura, basta observar a região menos blindada, que possui um hidrogênio e não possui vizinhos. Apesar disso, o hidrogênio se encontra na região entre 4

e 5, característico do hidrogênio de hidroxila que está ligado ao átomo mais eletronegativo da molécula, o oxigênio. Com isso, a técnica de RMN foi eficaz para assegurar que a substância desconhecida era o etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$).

Para concluir as pistas apresentados para este caso, a pista da *biblioteca* apresenta as propriedades físico-químicas deste álcool, como ser incolor, volátil e muito miscível na água. A dica presente no jornal está relacionada com isso, pois fala da utilização do etanol em diversos setores sociais, como para a saúde durante a pandemia, além de ser uma opção de combustível sustentável. É esperado que estas orientações fornecidas sejam úteis para os estudantes que estão jogando descobrir de que o etanol é a substância deste episódio.

- CASO 2

A apresentação do Caso 2, intitulado “O Mistério do Bolo Aromático”, pode ser lido em detalhes no Quadro 5.

Quadro 5 – Apresentação do segundo caso.

O Mistério do Bolo Aromático

Era uma tarde movimentada na Delegacia Central da pequena cidade. A delegada Morgana Lewis estava apurando fatos de uma investigação confusa, quando a secretária da delegacia chegou em sua sala com um sorriso no rosto e um alimento em suas mãos. A assistente anunciou que um bolo teria sido enviado para Morgana por ela ter conseguido um novo cargo, ou seja, em comemoração à sua promoção, porém, o envio dessa encomenda foi feito de forma anônima.

A delegada percebeu que o bolo exalava um aroma doce e irresistível de amêndoas. Ela decidiu compartilhar o presente com a sua equipe querida e tornar a comemoração coletiva. Juntos, a equipe da delegacia desfrutou cada fatia, fascinados pelo cheiro e sabor presentes nas fatias. Todos ficaram muito satisfeitos do que comeram e gratos com o gesto de uma pessoa desconhecida.

Porém, com o final da tarde se aproximando, algumas das pessoas que ingeriram o bolo começaram a se sentir diferente do habitual, com uma espécie de alergia. Morgana ficou preocupada os seus colaboradores e se sentiu culpada por ter oferecido o bolo a todo mundo, até que encaminhou os que não estavam se sentindo bem para o hospital e proibiu que qualquer pessoa comesse o que sobrou do bolo antes de saber o desfecho.

Por ser um caso que comprometeu a vida de alguns funcionários públicos, a delegada pediu para que este acontecimento seja investigado pelo pessoal do AGRESTE'S Lab. Os cientistas entraram em contato com a fabricante do bolo e coletaram amostras dos para analisar cada um dos componentes presentes, iniciando com um dos componentes que mais chamou atenção: o aromatizante responsável pelo cheiro tentador.

Pistas:

1. **Delegacia:** Os cientistas visitaram a delegacia para coletar informações do lugar onde tudo começou, após conversas com a delegada, descartou-se a possibilidade de a intoxicação ser proposital, concluiu-se que era apenas um ingrediente contido no alimento e consumido por pessoas com alergia ao item. A embalagem com o produto foi recolhida e o rótulo com os ingredientes separado para o laboratório.
2. **Hospital:** Um grupo de colegas de trabalho se reuniu para comprar e enviar de forma anônima um bolo e comemorar a promoção de sua nova chefe, mas alguns começaram a apresentar alguns sintomas após prova-lo. Eles foram encaminhados para o hospital e os sintomas ditos para a equipe médica incluíam coceira intensa na pele e formigamento na boca. Os médicos suspeitaram de uma alergia a algum dos componentes do bolo e recomendaram aos pacientes a realização de um teste alérgico. Felizmente, por serem conduzidos rapidamente para o hospital, todos os afetados pelo bolo foram tratados e recuperados.
3. **Laboratório:** A amostra do aromatizante foi submetida a uma análise de infravermelho, revelando picos característicos aos grupos funcionais presentes. O espectro de IV revelou um pico intenso em torno de 1700 cm^{-1} , duas absorções fracas entre 2850 e 2750 cm^{-1} . O cientista estava realizando a leitura da amostra, porém foi interrompido com um novo caso urgente e precisou parar o processo.
4. **Sala de Análises:** Depois de algumas reuniões, o cientista parou a discussão com seus colegas de laboratório, continuou a leitura no espectro e percebeu sinais entre $3050\text{-}3010\text{ cm}^{-1}$, $1600\text{-}1475\text{ cm}^{-1}$ (em pares) e duas bandas em 690 e 750 cm^{-1} .
5. **Biblioteca:** Em uma manhã chuvosa, o cientista foi até a biblioteca para fazer uma pesquisa bibliográfica sobre a substância que se estava estudando, a mesma continha fórmula $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$ e possui uma aplicação ampla. Pode ser

utilizada na indústria de fragrâncias, como flavorizantes em alimentos, na produção de corantes, além de ser utilizado como intermediário em sínteses orgânicas.

6. **Escola:** Durante uma feira de ciências, o professor Marcelo Tadeu que era especialista na área da Química Orgânica explicava com euforia alguns exemplos desse tipo de reação, dentre elas os princípios da Condensação Aldólica, um caminho interessante para a síntese orgânica. Além de falar da parte teórica do conteúdo, o Mestre Tadeu gostava também de exemplificar essas reações, exibindo reagentes e produtos que podem ser utilizados.

Fonte: Própria, 2023.

Neste segundo caso, é explorado um enredo que acontece inicialmente no ambiente da *delegacia* e a substância a ser conhecida faz parte de uma comida, um bolo extremamente cheiroso. Para criar esse caso, foram pesquisadas possíveis moléculas orgânicas que podem ser utilizadas como aromatizadores, tanto em perfumes quanto em alimentos e o benzaldeído foi escolhido para compor este episódio, este que possui o aroma de amêndoas.

Dentre as pistas criadas, as apresentadas na *delegacia* e no *hospital* foram criadas apenas para criar uma continuidade na história, não sendo determinantes para achar qual é a substância envolvida no incidente. Existem dois ambientes que fornecem informações sobre a leitura de espectros infravermelhos, *sala de análises* e *laboratório*. Neste caso, não foi concedido o espectro geral, apenas os principais sinais mais relevantes que são evidenciados nele.

Dentre os sinais divulgados, o estudante deve saber interpretar que o pico intenso que ocorre na região de 1700 cm^{-1} refere-se a presença de uma carbonila ($\text{C}=\text{O}$). Além disso, para ter certeza de qual grupo funcional esta carbonila pertence (cetona, aldeído, éster ou ácido carboxílico), deve-se atentar as duas absorções fracas entre 2850 e 2750 cm^{-1} , que se referem a um aldeído, caracterizado por um carbono ligado a um grupo R, um hidrogênio e uma ligação dupla com um oxigênio.

Adicionalmente, foram divulgados sinais na região de $3050 - 3010\text{ cm}^{-1}$ do espectro, com isso, deve-se dominar o conceito de estiramento e compreender que o sinal neste ponto se refere as ligações entre o aromático e hidrogênio ($\text{Ar}-\text{H}$). Ademais, a evidência em pares do estiramento presente na região de $1600 - 1475\text{ cm}^{-1}$ deve ser relacionada pelo estudante ao sinal de ligações duplas entre carbonos presentes na molécula ($\text{C}=\text{C}$).

Para finalizar os sinais que foram apresentados, existem duas deformações em 690 e 750 cm^{-1} . O estudante deve conhecer este conceito de deformação e entender que esta região é decorrente de substituição aromática, e ocorre fora do plano pela ligação entre carbono e

hidrogênio. Apesar disso, em relação à substituição, este sinal indica que a cadeia aromática presente na molécula é monossubstituída, isto é, um dos hidrogênios do aromático foi substituído por um grupo R.

Esta é a leitura que o aluno pode ter com as pistas que envolvem espectroscopia no IV e foram divulgadas em alguns ambientes. Um dos fatores que podem ajudar na construção da molécula desse caso é uma pista presente na *biblioteca* e que anuncia a fórmula molecular do composto. A partir da exposição de que sua fórmula é C_7H_6O , o aluno pode perceber rapidamente que está presente na substância um composto aromático, visto que existe uma deficiência de hidrogênio (IDH) considerável.

Portanto, um esboço da estrutura pode ser construído se observar a fórmula molecular, ao pensar em poucos hidrogênios e muitos carbonos. Porém, não é intenção que o aluno resolva o caso por dedução e eliminação, deve-se procurar as demais pistas, principalmente as de espectroscopia que levam a uma maior certeza dos grupos funcionais presentes. Por isso, o jogo foi criado para levar a uma reflexão e associação das diferentes pistas, para que não solucione um caso com uma dica isolada.

Por fim, a pista presente no sexto ambiente traz uma referência a um personagem presente no caso 1, o professor Marcelo Tadeu. Nela, o educador está ministrando uma aula de química orgânica e cita a condensação aldólica, uma reação de síntese orgânica em que o benzaldeído pode ser utilizada como um dos reagentes. Este exemplo mostra uma das diversas aplicações desta substância, como forma de contextualizar esta substância enquanto se constrói o conhecimento químico.

- CASO 3

A apresentação do Caso 3, intitulado “A Incógnita da Fumaça da Fábrica”, pode ser lido em detalhes no Quadro 6.

Quadro 6 – Apresentação do terceiro caso.

A Incógnita da Fumaça da Fábrica

Há alguns meses, o ambicioso Nicolas Thomson, pouco tempo antes de se formar, recebeu um e-mail com uma oportunidade de estágio em uma empresa que iria abrir na cidade e estava recrutando profissionais a partir de indicações. Porém, o segmento que a empresa trabalhava era desconhecido para os moradores da região

e o jovem decidiu que iria aproveitar a oportunidade, pois não possuía outras vagas como essa disponíveis.

No entanto, à medida que o tempo passava, alguns boatos foram se espalhando por pessoas que moravam perto da fábrica ou conheciam algum de seus funcionários a respeito da falta de medidas efetivas de segurança trabalho neste local e deixou os habitantes regionais preocupados, assim como os próprios funcionários. Esses rumores levaram a algumas pessoas o questionamento sobre a segurança em sua própria vida e uma delas foi o jovem Nicolas.

Um certo dia, esses comentários chegaram aos ouvidos do garoto enquanto estava voltando do trabalho e abalou a confiança na carreira que ele estava construindo. Além disso, o rapaz não conseguiu deixar de notar as falhas na segurança da empresa, através de equipamentos de proteção inadequados até a negligência em treinamentos e protocolos adequados para garantir que todos não correm perigo.

Com isso, Nicolas se viu preso entre a vontade de ganhar dinheiro e experiência profissional com a constante preocupação com a sua integridade física e mental, pois estes problemas começaram a lhe consumir. Até que um momento, as preocupações que estavam corroendo o rapaz viraram de fato um problema de saúde, causado pelo contato excessivo com a substância de um dos produtos principais da empresa.

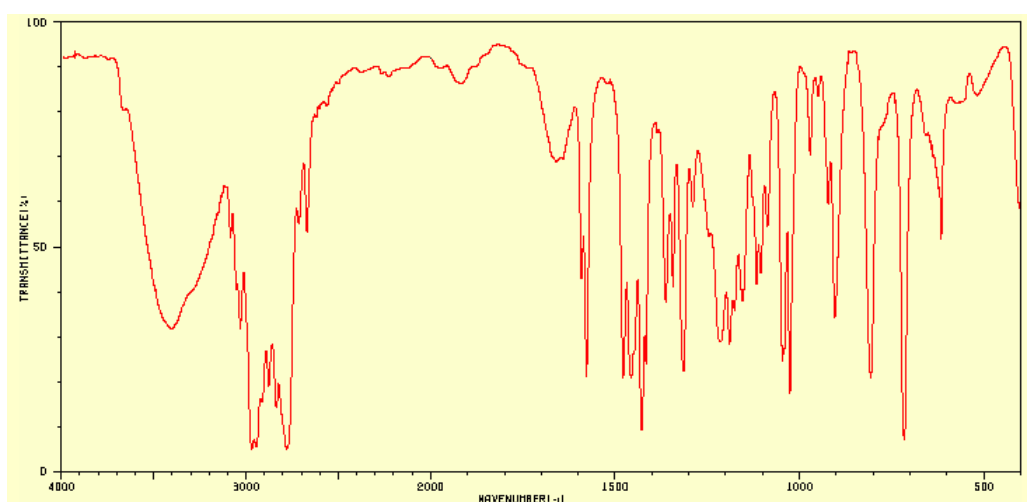
Pistas:

1. **Hospital:** O garoto acordou sentindo uma indisposição em seu corpo e pediu a sua noiva ajuda para arrumar sua bolsa do trabalho. Ela recomendou que ele fosse para o hospital e o acompanhou até lá. Nicolas chegou no hospital passando muito mal, sentindo náuseas, dores de cabeça e vômitos e os médicos começaram a acreditar que ele teria sido envenenado.
2. **Delegacia:** Com a suspeita de que o garoto teria sido envenenado, a polícia decidiu fazer uma perícia na casa da vítima. Quando o especialista na área chegou para analisar o ambiente em que ele morava, encontrou dentro de uma bolsa no seu quarto um jaleco sujo com diversas manchas de um líquido amarelo.
3. **Jornal:** Algumas pesquisas publicadas recentemente revelam que esta substância pode afetar o cérebro de adolescentes quando consumidas de forma precoce. Uma das preocupações dos médicos é a glamourização pelo

uso do tabaco em filmes ou na internet, influenciando negativamente os jovens a esse hábito.

4. **Sala de análises:** As pistas até então encontradas estavam confundindo demais os cientistas, mas uma amostra encontrada os deu uma esperança de identificar qual era a substância desconhecida. Quando prepararam a amostra para ler no espectrômetro de IV, os analistas chegaram ao espectro a seguir, em que se destaca uma banda média em 3400 cm^{-1} , estiramentos em 1677 cm^{-1} ; 2970 e 2780 cm^{-1} ; e em 717 e 904 cm^{-1} .

Figura 5 – Espectro de IV da Substância do caso 3.



Fonte: Geocities.Ws

5. **Biblioteca:** Foram realizados alguns estudos investigativos sobre funções orgânicas presentes nos espectros, com o objetivo de encontrar a composição desconhecida. As pistas foram exploradas a fundo e através dos espectros chegou-se à conclusão de que o composto desconhecido possui fórmula molecular $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$.
6. **Laboratório:** A curiosidade para saber o que tinha causado aquelas reações no jovem tornaram a jornada dos cientistas incansável, ansiosos para descobrir alguma novidade. Após muitos estudos, compreendeu-se que este composto orgânico contém aminas heterocíclicas em sua estrutura.

Fonte: Própria, 2023.

Neste terceiro caso, a substância utilizada para ilustrar o desafio traz um pouco mais de complexidade quando comparado aos outros casos. A história explora um jovem em início de carreira que começa a trabalhar em uma fábrica de cigarros, que possui diversos problemas estruturais que põem em risco a vida de seus funcionários. Além disso, alerta sobre possíveis problemas que podem surgir se houver contato com a substância nicotina.

A primeira pista ocorre no ambiente do *hospital* e tem a intenção de adicionar mais elementos para o enredo. Nela foram explorados alguns sintomas que podem acontecer com pessoas que fazem uso excessivo de nicotina, como dores de cabeça e mal-estar no corpo. A pista subsequente da *delegacia* constata duas propriedades físico-químicas desta substância: ela se encontrar em estado líquido, a ponto de causar uma mancha no jaleco, e a coloração amarelada.

A terceira pista contida no *Jornal* exhibe uma notícia de um malefício do uso dessa substância quando utilizada precocemente por jovens, afetando o cérebro. É importante ressaltar que o composto é um dos principais componentes do cigarro e apesar de muita promoção por veículos de notícia, não faz bem para a saúde. Esta dica foi utilizada também para causar mais familiaridade aos estudantes com a molécula da nicotina, que pode ser comumente esquecida.

Dado que apesar de os ambientes estarem enumerados, as dicas podem ser coletadas de forma aleatória, a última delas fornece uma informação útil para a resolução do caso. Conforme anunciado, a molécula a ser descoberta contém aminas heterocíclicas em sua estrutura, isto é, contém cadeias fechadas que dentre os átomos se encontra o elemento nitrogênio, de tal forma a constituir grupos amina. Ainda é possível perceber que foi apresentado no plural, para levar a crer que existia mais de uma cadeia.

A suposição de que existem duas cadeias fechadas contendo aminas se confirma quando na pista da *biblioteca* é comunicado a respeito da fórmula molecular da substância $C_{10}H_{14}N_2$. A partir dela é possível pensar que não se trata de uma cadeia aberta, principalmente pelo número pequeno de hidrogênios, que não seriam suficientes para os carbonos presentes. A parte primordial para resolução deste caso, que corrobora todas as pistas fornecidas até então, está presente na *sala de análises* e fornece o espectro de IV.

O espectro de infravermelho para a substância deste terceiro caso fornece vários sinais. É preciso que o estudante tenha familiaridade em identificar os principais sinais e quais os grupos funcionais se relacionam a eles. Neste caso é possível identificar uma banda média na região de 3400 cm^{-1} , para esta região poderia se pensar que seria uma hidroxila, porém na pista que fornece a fórmula molecular não existe oxigênio presente na estrutura, mas um nitrogênio. Com isso, pode-se compreender que para esta banda que existe no espectro na região de 3400 cm^{-1} se relaciona com a função amina.

O próximo sinal a ser destacado na pista é o sinal em 1677 cm^{-1} , relativo à ligação dupla entre um átomo de carbono e nitrogênio ($C=N$), possivelmente em alguma das cadeias fechadas.

Ademais, estiramentos na região de aproximadamente 1650 cm^{-1} se associam à ligação dupla entre carbonos (C=C), para compensar a deficiência de hidrogênio presente na molécula.

Finalmente, os estiramentos entre 2970 e 2780 cm^{-1} designam a presença de ligações entre hidrogênio e carbono (C-H) na molécula. E também é comentado sobre um estiramento específico de uma ligação entre carbono e hidrogênio de uma piridina monosubstituída, entre 717 e 904 cm^{-1} . Portanto, é esperado que o aluno chegue ao resultado da molécula da piridina ou o mais próximo possível, e caso tenha ficado dúvidas sobre a resolução dos casos deve-se pedir ajuda aos participantes do jogo e ao professor mediador, para estruturar ideias e construir conhecimentos juntos.

5.3 VALIDAÇÃO TEÓRICA

Por se tratar de uma proposta de um jogo, o material foi criado para uma possível aplicação em um momento oportuno, destinado a pessoas que querem praticar o seu conhecimento em espectroscopia no infravermelho. Consequentemente, foi interessante estabelecer uma validação teórica (Quadro 6) com base na definição de Nývák e Souza (2008) *apud* Simões Neto *et al.* (2016), descrita na metodologia e que foi necessária para perceber se o jogo pedagógico criado possuía os aspectos necessários para jogabilidade ou precisava de melhorias.

Quadro 7 – Validação teórica para o jogo Mistério no Infravermelho.

Critério	Observações
Interação	O jogo de mistério apesar de ser jogado de maneira individual, permite a interação dos jogadores ao final de cada rodada. Com isso, os jogadores podem discutir e construir conhecimentos juntos acerca da solução de cada episódio.
Dimensão da Aprendizagem	A jogabilidade propicia a utilização de várias habilidades de cognição, como atenção, foco, criatividade, e sua relação com um conteúdo químico. Além disso, outros assuntos de Química são trabalhados para além da espectroscopia no infravermelho, a fórmula molecular, propriedades físico-químicas, entre outras.

Jogabilidade	O jogo possui uma sequência de histórias e lugares que se conectam entre si para facilitar a imersão dos jogadores no ambiente misterioso.
Aplicação	O jogo varia na forma como é aplicado, pois não existem regras quanto a ordem do caminho a ser seguindo, viabilizando ao jogador várias possibilidades diferentes de colher as pistas.
Desafio	A cada rodada é proposto um desafio a ser solucionado, em todo caso, existe uma molécula a ser descoberta por trás de uma história contada. Os jogadores são instigados a reunir as pistas fornecidas a fim de descobrir por meio delas qual a substância está para ser identificada.
Limitação de Tempo e Espaço	É esperado que o jogo seja finalizado após 3 ou 4 partidas, a depender da contagem dos pontos, possuindo a duração de em média uma hora. E pode ser aplicado em qualquer espaço disponível, desde que esteja com os componentes do jogo.
Criatividade	Requer criatividade e estratégia dos jogadores para se movimentar no tabuleiro e se atentar as pistas fornecidas.

Fonte: Própria, 2023.

Em vista disso, após analisar os sete critérios de validação teórica, percebeu-se que a proposta de jogo pedagógico, criada com o intuito de ser utilizada para exercitar o conhecimento de Espectroscopia no Infravermelho, atingiu os objetivos propostos. Dessa maneira, a concepção da proposta lúdica pode ser considerada como um jogo, apesar de não ter sido testado presencialmente por jogadores, pois possui os critérios necessários para tal.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de jogo “Mistério no Infravermelho” se mostrou com uma potencialidade para se praticar o tema Espectroscopia no Infravermelho, com base na sua história e nos casos a serem descobertos. Assim, o estudante que desenvolve o papel de um cientista investigador mobiliza diversas habilidades sociocognitivas durante sua execução. Dessa forma, a temática foi abordada por meio de uso do lúdico com o intuito de ser uma alternativa para tornar o aluno ativo durante o processo de aprendizagem.

Por meio dos critérios de validação teórica, a proposta lúdica atendeu aos parâmetros necessários de um jogo, consolidando sua elaboração. A ideia inicial para o concebimento do trabalho foi superada pela sua construção, com uma história que se relaciona com os casos, pistas, regras e componentes do jogo, além de sua composição artística de mapas, blocos e fichas de apoio ao jogador.

Portanto, a proposta de jogo fica disponível para utilização por professores do ensino superior que estejam abordando o conteúdo de Espectroscopia no Infravermelho. Além disso, o jogo fica aberto para revisões a fim da melhora da jogabilidade e criação de novos casos, ampliando o repertório de mistérios, com o uso de outras moléculas, explorando das mais diversas formas a região do infravermelho do espectro eletromagnético. Também é esperado que este trabalho sirva de apoio e contribuição para outros trabalhos que abordem espectroscopia por meio de jogos e atividades lúdicas, para prosperar o ensino dessa área da Química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, J. A. L.; GUIMARÃES, R. L. Elaboração e validação do jogo do palito no ensino de nomenclatura de compostos orgânicos. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, Foz do Iguaçu, v. 01, n. 01, p. 163-174, jan./jul. 2017.
- CAVALCANTI, E. L. D.; CARDOSO, T. M. G.; MESQUITA, N. A. S.; SOARES, M. H. F. B. Perfil Químico: debatendo ludicamente o conhecimento científico em nível superior de ensino. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias** (En línea), v. 7, p. 73-86, 2012.
- CAVALCANTI, E. L. D.; NUNES, F. B.; WEBER, I. T.; VASCONCELOS, M. K.; RAZUCK, R. C. S. R.; MARTINS, V. P. N.; SANTOS, F. M. A próxima pista: Elaboração e construção de jogo utilizando a Química Forense. **Revista Debates em Ensino de Química (REDEQUIM)**, v. 2, p. 39-46, 2016.
- CLEOPHAS, M. G.; CAVALCANTI, E. L. D.; SOARES, M. H. F. B. **Afinal de Contas, é Jogo Educativo, Didático ou Pedagógico no Ensino de Química/Ciências?** Colocando os Pingos nos "is". In: Maria das Graças Cleophas; Márlon Herbert Flora Barbosa Soares. (Org.). **Didatização Lúdica no Ensino de Química/Ciências: teorias de aprendizagem e outras interfaces**. 1ed. São Paulo: Livraria da Física Editorial, 2018, v. 1, p. 33-43.
- CUNHA, M. B. Jogos no Ensino de Química: Considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 34, p. 92-98, 2012.
- FELICIO, C. M.; SOARES, M. H. F. B. Da Intencionalidade à Responsabilidade Lúdica: Novos Termos para Uma Reflexão Sobre o Uso de Jogos no Ensino de Química. **Química Nova na Escola** (online), v. 40, p. 160-168, 2018.
- FILGUEIRAS, C. A. L. A espectroscopia e a Química: da descoberta de novos elementos ao limiar da teoria quântica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 3, p. 22-25, mai. 1996.
- GARCEZ, E. S. C. **O Lúdico em Ensino de Química: um estudo do estado da arte**. 2014. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/4699/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Edna%20Sheron%20da%20Costa%20Garcez%20-%202014.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2023.
- HOLANDA, F. V. V.; CAVALCANTI, E. L. D.; GUIMARÃES, R. L. RPG Last Chance of Earth: análises dos processos imaginativos no desafio sobre a acidez de compostos orgânicos. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, [S. l.], v. 6, n. Contínuo, 2022. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/relus/article/view/3886>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- MARIN, E. P. **Espectroscopia de Infravermelho e Suas Aplicações**. 2013. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado - Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2013. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119826/marin_ep_tcc_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 10 fev. 2023.

MCMURRY, J. **Química orgânica**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 1v.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). **Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade**. 18 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Espectro Eletromagnético**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>. Acesso em 25 de junho de 2023.

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S.; VYVYAN, J. R. **Introdução à Espectroscopia: uma abordagem moderna**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

PRADO, L. L. Jogos de tabuleiro modernos como ferramenta pedagógica: pandemic e o ensino de ciências. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, Foz do Iguaçu, v. 02, n. 02, p. 26-38, jul./dez. 2018.

SANTANA, F. B.; SANTOS, P. J. S. Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para discussão de conceitos de Física Moderna no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, p. 555-589, 2017.

SILVA, H. R. A.; MORAES, A. G. **O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica**: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, p. 378, 2015.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. **Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos**. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2006.

SIMÕES NETO, J. E.; SILVA, R. B.; ALVES, C. T. S.; SILVA, J. C. S. Elaboração e Validação de Jogos Didáticos Propostos por Estudantes do Ensino Médio. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 2, n. 2 (especial), p. 47-54, 2016.

SOARES, J. P. N. **Espectroscopia vibracional em L-cisteína HCl sob condições ambientes**. 2011. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Física) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SOARES, M. H. F. B. Jogos e Atividades Lúdicas no Ensino de Química: Uma Discussão Teórica Necessária para Novos Avanços. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 5-13, 2016.

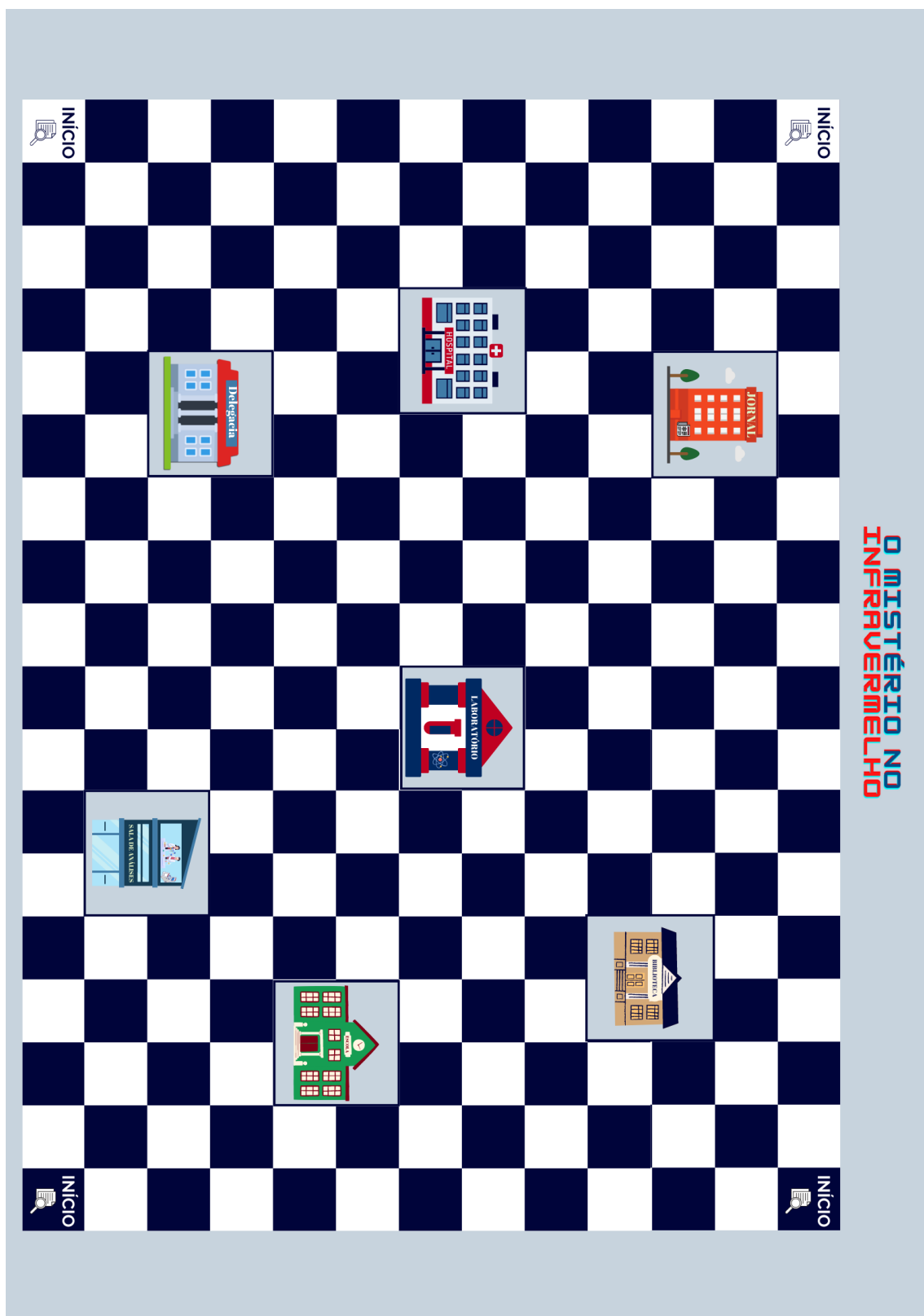
SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica - Volume 1**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2009.

TUANI, M.; LEITE, L. B.; ALMEIDA, A. A; B. de. **Manual de metodologia da pesquisa aplicada à educação**. Faculdade de Porto Feliz. Porto Feliz, 2016.

VIEIRA, Silvana Rodrigues. **O ensino de espectroscopia aplicado à Química a partir da elaboração do ebook “Heróis e Vilões: Os Poderes das Ondas Eletromagnéticas”**. 2022. 72 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Química) - Instituto Federal do Espírito Santo, Vila Velha. 2022.

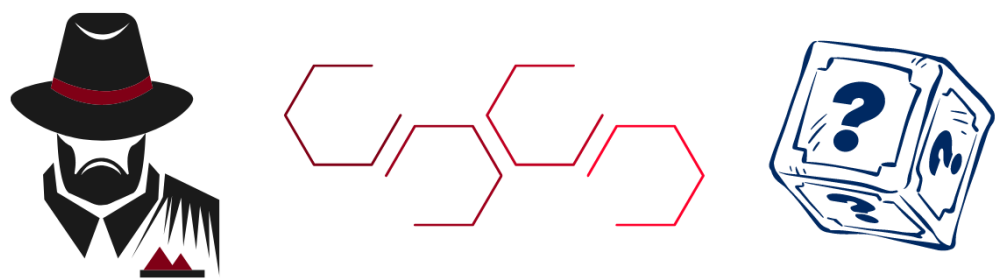
APÊNDICE A – ELEMENTOS DO JOGO

Figura 6 – Mapa do jogo Mistério no Infravermelho.



Fonte: Própria, 2023.

Figura 7 – Acompanhamento de pontos do jogo.



ACOMPANHAMENTO DE PONTOS

		ORDEM DE CHEGADA			
RODADA	MOLÉCULA	PRIMEIRO	SEGUNDO	TERCEIRO	QUARTO
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

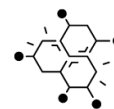
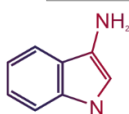
Fonte: Própria, 2023.

Figura 8 – Tabela para consulta de absorções no infravermelho.



ABSORÇÕES NO INFRAVERMEHO

GRUPO FUNCIONAL	FAIXA DE ONDA (CM-1)	INTENSIDADE
ALQUIL (C-H)	2853 – 2962	MÉDIA/FORTE
ALQUENIL (C=C)	1620 – 1680	VARIÁVEL
ÁLCOOIS E FENÓIS (O-H)	3200 – 3550	LARGA/FORTE
ALDEÍDO (C=O)	1690 – 1740	FORTE
CETONA (C=O)	1680 – 1750	FORTE
AMIDAS	1630 - 1690	FORTE
AMINAS	3300 – 3500	MÉDIA
AROMÁTICO (AR-H)	~3030	VARIÁVEL
AROM. MONOSSUBSTITUÍDO	690-710	FORTE
IMINAS E OXIMAS (C=N)	1640-1690	MEDIA/FORTE
C-O	1000-1300	FORTE
PIRIDINA MONOSUB. C-H	717 E 904	MÉDIA/FORTE
ÁCIDO CARBOXÍLICO	2400-3400	MÉDIA
AROMÁTICO	1600 E 1475	FRACA/MÉDIA
ALCINO	2100-2250	FRACA/MÉDIA




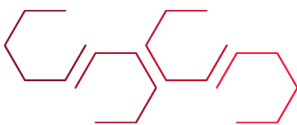

Fonte: Própria, 2023.

Figura 9 – Carta Especial disponibilizada para cada jogador.



Fonte: Própria, 2023.

Figura 10 – Bloco de Anotações para cada jogador escrever seus comentários.



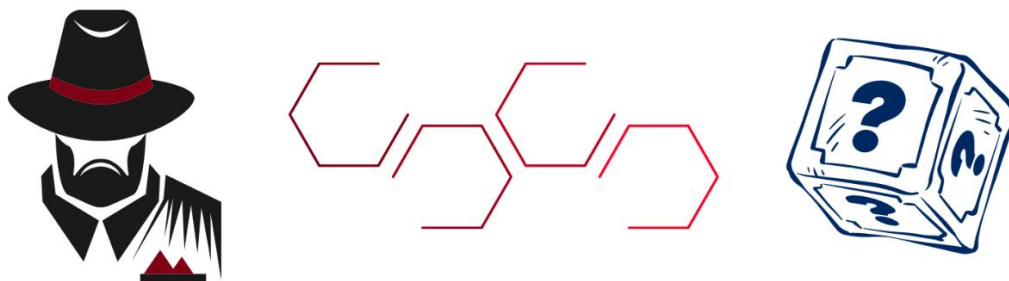
BLOCO DE ANOTAÇÕES

JOGADOR(A):

MOLÉCULA DESCOBERTA:

Fonte: Própria, 2023.

Figura 11 – Ilustração do Caderno de Amostra com a resolução do Caso 3.



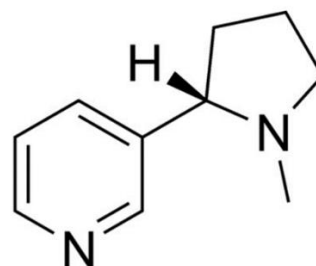
CADERNO DE AMOSTRAS

CASO 3

A INCÓGNITA DA FUMAÇA DA FÁBRICA

O composto desse caso é a **NICOTINA**.

O jovem Nicolas estava trabalhando em uma fábrica de cigarros, mas como a estrutura era de má qualidade, ele acabou passando muito tempo em contato com a NICOTINA de forma passiva, o que ocasionou em problemas na sua saúde.



Fonte: Própria, 2023.