

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA – MESTRADO PROFISSIONAL**

**GRACIELA NUNES DA SILVA**

**ESTUDO FARMACOLÓGICO VIA PROGRESSÃO GEOMÉTRICA E CONJUNTOS  
*FUZZY* NO ENSINO MÉDIO**

**ORIENTADORA: DRA. ROSANA SUELI DA MOTTA JAFELICE**

**Uberlândia  
2024**

GRACIELA NUNES DA SILVA

**ESTUDO FARMACOLÓGICO VIA PROGRESSÃO GEOMÉTRICA E CONJUNTOS  
*FUZZY* NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Linha de pesquisa: Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Rosana Sueli da Motta Jafelice.

**Uberlândia  
2024**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com  
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S586 Silva, Graciela Nunes da, 1978-  
2024 Estudo Farmacológico via Progressão Geométrica e  
Conjuntos Fuzzy no Ensino Médio [recurso eletrônico] /  
Graciela Nunes da Silva. - 2024.

Orientadora: Rosana Sueli da Motta Jafelice.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de  
Uberlândia, Pós-graduação em Ensino de Ciências e  
Matemática.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.142>

Inclui bibliografia.

1. Ciência - Estudo ensino. I. Jafelice, Rosana Sueli  
da Motta ,1964-, (Orient.). II. Universidade Federal de  
Uberlândia. Pós-graduação em Ensino de Ciências e  
Matemática. III. Título.

CDU: 50:37

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

28/03/2024, 09:28



SEI/UFU - 5161846 - Ata de Defesa - Pós-Graduação

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Av. João Naves de Ávila, nº 2121, Bloco 1A, Sala 207 - Bairro Santa Mônica,  
Uberlândia-MG, CEP 38400-902 Telefone: (34) 3230-9419 -  
www.ppgecm.ufu.br - secretaria@ppgecm.ufu.br



**ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

|                                    |   |                 |       |                       |       |
|------------------------------------|---|-----------------|-------|-----------------------|-------|
| Programa de Pós-Graduação em:      | Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM)  |                 |       |                       |       |
| Defesa de:                         | Dissertação de Mestrado Profissional / Produto Educacional                              |                 |       |                       |       |
| Data:                              | 21/02/2024  | Hora de início: | 09:00 | Hora de encerramento: | 11:30 |
| Matrícula do Discente:             | 12112ECM025   |                 |       |                       |       |
| Nome do Discente:                  | Graciela Nunes da Silva   |                 |       |                       |       |
| Título do Trabalho:                | Estudo Farmacológico via Progressão Geométrica e Conjuntos <i>Fuzzy</i> no Ensino Médio |                 |       |                       |       |
| Área de concentração:              | Ensino de Ciências e Matemática   |                 |       |                       |       |
| Linha de pesquisa:                 | Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática  |                 |       |                       |       |
| Projeto de Pesquisa de vinculação: |   |                 |       |                       |       |

Reuniu-se, por vídeo conferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, assim composta: Profa. Dra. Rosana Sueli da Motta Jafelice (FAMAT/UFU) orientadora; Prof. Dr. Arlindo José de Souza Junior (FAMAT/UFU) e, Prof. Dr. Deive Barbosa Alves (Universidade Federal do Norte do Tocantins). Iniciando os trabalhos a presidente da mesa apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu a discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa. A seguir, a presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, após a análise da dissertação e do produto educacional atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

**Aprovada**

Obs: A banca sugeriu que a dissertação seja indicada para o prêmio da CAPES. Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O componente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Arlindo José de Souza Junior, Professor(a) do Magistério Superior**, em 21/02/2024, às 11:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rosana Sueli da Motta Jafelice, Professor(a) do Magistério Superior**, em 21/02/2024, às 11:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Deive Barbosa Alves, Usuário Externo**, em 21/02/2024, às 12:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5161846** e o código CRC **E7362E3A**.

---

**Referência:** Processo nº 23117.009059/2024-37

SEI nº 5161846

[https://www.sei.ufu.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=5765260&infra\\_siste...](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=5765260&infra_siste...)

2/2

*Dedico este trabalho aos  
meus pais,  
Baltazar (in memoriam) e Zilda e à  
minha querida filha, Maria Fernanda .*

*Temos de fazer o melhor que podemos. Esta é a  
nossa sagrada responsabilidade humana.*

*Albert Einstein*

## AGRADECIMENTOS

A Deus gratidão pelo dom da vida, por todas as bênçãos e oportunidades, especialmente a conclusão de mais esta etapa .

À Nossa Senhora, pelo amor incondicional de mãe que ampara e cuida sempre.

Ao meu pai, Baltazar (in memoriam), que mesmo sem a oportunidade de estudar, sempre soube o valor da educação e sempre dizia “A minha filha um dia vai estudar nessa instituição de ensino”, o senhor estava certo e sei que onde estiver, compartilha dessa alegria.

À minha mãe, Zilda, a melhor mãe do mundo e minha primeira professora, obrigada por fortalecer os meus sonhos e sempre acreditar em mim.

À minha filha, Maria Fernanda, pelo carinho, sorrisos, abraços e por encher meu coração de felicidade todos os dias, o seu amor me faz sempre mais forte.

Ao meu esposo Fabrício pelo carinho, companheirismo e por compreender a importância desse sonho, em momentos em que estive ausente dedicando parte do tempo aos estudos.

Ao meu irmão de coração Anderson pelo apoio, amizade sincera e pela alegria externada a cada conquista.

À minha professora orientadora, profa. Dra Rosana Jafelice pelo carinho e dedicação de quem exerce o dom de ensinar com competência, amor e sabedoria.

Ao professor Arlindo com quem pude vivenciar momentos de aprendizagem e descontração na disciplina do mestrado; tens o dom exclusivo de professor que transforma as aulas em diversão. Obrigada pelo aprendizado e o diferencial em suas aulas.

Ao Marcelo, engenheiro e mestre em educação, que muito contribui com a educação, unindo a experiência de um respeitável engenheiro ao contexto ensino e aprendizagem.

À professora Virgínia, colega de profissão, amiga admirável, obrigada por dividirmos e compartilharmos a experiência de aprender e ensinar ao mesmo tempo.

À amiga Sandra pelas dicas importantes, apoio e ajuda na revisão do trabalho.

Aos amigos Gabriel, Ruth e Artur pela parceria e também compartilharmos juntos muitos momentos de construção e aprendizagem nas disciplinas do mestrado.

Ao estudante Arthur Maciel pelo carinho, auxílio e dedicação, sempre disposto a ajudar.

Ao ex aluno do Pibid e, agora, professor Waldemar pelas relevantes contribuições de quem trilha o caminho do saber.

A todos os estudantes que vivenciaram e construíram juntos comigo esse sonho.



A todos que direta ou indiretamente, de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui...

Gratidão.

## RESUMO

Atualmente, busca-se motivar os estudantes com novas práticas metodológicas para o ensino da matemática. Neste intuito, o objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta para o ensino de Progressão Geométrica (PG) a partir do conceito de meia-vida dos medicamentos. Esta modelagem matemática é realizada a partir do risco da intoxicação do organismo humano por fármacos, construindo-se um Sistema Baseado em Regras *Fuzzy* (SBRF), o qual depende da quantidade de medicamentos e da eliminação dos fármacos pelo organismo, utilizando o *software* livre *FisPro*. Nesta sequência didática, estimula-se o estudantes a ser interativo no desenvolvimento dos seus conhecimentos, mediante a elaboração de um *e-book*, assim serão dados significados a conceitos e termos técnicos relacionados aos fármacos e à farmacocinética. Um protótipo do organismo humano é construído para indicar possíveis riscos de intoxicação, em que os estudantes interagem com o SBRF utilizando um *smarthfone*. O potencial risco de intoxicação é indicado por luzes coloridas inseridas no abdômen do protótipo, de acordo com os valores de saída do SBRF. O manual da construção do protótipo desse organismo e intitulado: Manual para a construção do protótipo do organismo humano com controle fuzzy é disponibilizado. A avaliação da aprendizagem é realizada continuamente através das atividades propostas durante o processo e, quantitativamente, através de um jogo elaborado na plataforma *kahoot*.

**Palavras-chave:** conjuntos *fuzzy*; progressão geométrica; tecnologias digitais; intoxicação medicamentosa.

## **ABSTRACT**

Currently, we seek to motivate students with new methodological practices for teaching mathematics. To this end, the objective of this work is to present a proposal for teaching Geometric Progression (GP), based on the concept of half-life of medicines. This mathematical modeling is carried out through the risk of intoxication of the human body by drugs, building a Fuzzy Rule-Based System (FRBS), which depends on the quantities of drugs and the elimination of drugs by the body, using the free software FisPro. In this didactic sequence, students are encouraged to be interactive in developing their knowledge, through the creation of an e-book, to give meaning to concepts and technical terms related to drugs and pharmacokinetics. A prototype of the human organism is built to indicate possible risks of poisoning, in which students interact with the FRBS using a smartphone. The potential risk of poisoning is indicated by colored lights inserted into the abdomen of the prototype, according to the FRBS output values. The manual for the construction of the prototype of this organism and entitled: Manual for the construction of the prototype of the human organism with fuzzy control is made available. Learning assessment is carried out continuously through the activities proposed during the process and quantitatively through a game created on the kahoot platform.

**Keywords:** fuzzy sets; geometric progression; digital technology; drug intoxication.

## LISTA DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 1</b> - Temas Contemporâneos Transversais.....  | 20  |
| <b>Figura 1 A</b> - Proveta.....  | 102 |
| <b>Figura 2</b> - 4 Habilidades Desenvolvidas pelo Pensamento Computacional.....  | 24  |
| <b>Figura 2 A</b> - Becker.....   | 102 |
| <b>Figura 3</b> – Estrutura de uma Modelagem Matemática.....  | 30  |
| <b>Figura 3 A</b> – Pipeta.....   | 102 |
| <b>Figura 4</b> – Esquema do Sistema Baseado em Regras <i>Fuzzy</i> .....   | 34  |
| <b>Figura 4 A</b> – Haste de vidro.....   | 102 |
| <b>Figura 5</b> – Método de Inferência <i>Fuzzy</i> .....   | 36  |
| <b>Figura 5 A</b> – Erlenmeyer.....   | 103 |
| <b>Figura 6</b> – Fluxograma do SBRF do modelo farmacocinético.....   | 37  |
| <b>Figura 6 A</b> – Bureta.....   | 103 |
| <b>Figura 7</b> – Placa eletrônica ESP8266.....   | 37  |
| <b>Figura 7 A</b> – Escala de cores de indicadores ácido-base.....  | 104 |
| <b>Figura 8</b> – Arduino IDE 2.0.....  | 38  |
| <b>Figura 8 A</b> – Viragem do indicador.....   | 105 |
| <b>Figura 9</b> – Luz de led, placa eletrônica ESP 8266 e botão “sensor”.....   | 38  |
| <b>Figura 9 A</b> – Subconjunto A do conjunto B.....  | 107 |
| <b>Figura 10</b> – Luz de led posicionada no abdômen do protótipo e sensor de entrada posicionado na boca do protótipo..... | 39  |
| <b>Figura 10 A</b> – Sistema ABO.....   | 108 |
| <b>Figura 11</b> – Suporte para luz de led, botão “sensor” e comandos placa eletrônica ESP 8266.....                        | 39  |
| <b>Figura 11 A</b> – Diagrama de Venn União.....  | 109 |
| <b>Figura 12</b> – Plataforma Blynk com as variáveis de entrada e saída do SBRF do modelo farmacocinético.....              | 40  |
| <b>Figura 12 A</b> – Diagrama de Venn Intersecção.....  | 110 |
| <b>Figura 13</b> – Conexões da aplicação da pesquisa.....   | 42  |
| <b>Figura 13 A</b> – Diagrama de Venn Diferença.....  | 110 |
| <b>Figura 14</b> – Desenvolvimento dos <i>e-books</i> pelos estudantes em laboratório.....                                  | 48  |
| <b>Figura 14 A</b> – Quadro dos tipos sanguíneos.....   | 111 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 15</b> – Desenvolvimento dos <i>e-books</i> pelos estudantes em laboratório.....  | 49  |
| <b>Figura 15 A</b> – Funções características dos conjuntos de criança e do adolescente..... | 112 |
| <b>Figura 16</b> – Exemplo de <i>e-book</i> desenvolvido pelos estudantes.....              | 49  |
| <b>Figura 16 A</b> – Funções de pertinência dos conjuntos da criança e do adolescente.....  | 113 |
| <b>Figura 17</b> – Exemplo de <i>e-book</i> desenvolvido pelos estudantes.....              | 50  |
| <b>Figura 17 A</b> – Nível de saturação.....  | 114 |
| <b>Figura 18</b> – Sequência de <i>emojis</i> .....   | 51  |
| <b>Figura 18 A</b> – Funções de pertinência (FPs) da quantidade de medicamento.....         | 117 |
| <b>Figura 19</b> – Atividade resolvida pelos estudantes.....                                | 55  |
| <b>Figura 19 A</b> – Funções de pertinência (FPs) da velocidade de eliminação.....          | 117 |
| <b>Figura 20</b> – Atividade resolvida pelos estudantes.....                                | 55  |
| <b>Figura 20 A</b> – Funções de pertinência (FPs) do risco de intoxicação.....              | 117 |
| <b>Figura 21</b> – Atividade resolvida pelos estudantes.....                                | 56  |
| <b>Figura 21 A</b> – Inferência.....  | 118 |
| <b>Figura 22</b> – Gráfico horas da dosagem.....  | 59  |
| <b>Figura 22 A</b> – Inferência.....  | 118 |
| <b>Figura 23</b> – Atividade interdisciplinar – experimento químico.....                    | 61  |
| <b>Figura 23 A</b> – Janela inicial do software FisPro.....                                 | 119 |
| <b>Figura 24</b> – Atividade interdisciplinar – experimento químico.....                    | 62  |
| <b>Figura 24 A</b> – Janela do software FisPro para criar um novodocumento.....             | 119 |
| <b>Figura 25</b> – Atividade interdisciplinar – experimento químico.....                    | 62  |
| <b>Figura 25 A</b> – Adicionar uma nova entrada.....  | 120 |
| <b>Figura 26</b> – Funções características dos conjuntos da criança e do adolescente.....   | 66  |
| <b>Figura 26 A</b> – Janela do software <i>FisPro</i> para adicionar uma nova entrada.....  | 120 |
| <b>Figura 27</b> – Funções de pertinência dos conjuntos da criança e do adolescente.....    | 68  |
| <b>Figura 27 A</b> – Variáveis de entrada do modelo em estudo.....                          | 121 |
| <b>Figura 28</b> – Nível de saturação.....  | 69  |
| <b>Figura 28 A</b> – Adicionar as variáveis de saída do modelo em estudo.....               | 121 |
| <b>Figura 29</b> – Janela inicial do software <i>FisPro</i> .....                           | 70  |
| <b>Figura 29 A</b> – Adicionar as variáveis de saída do modelo em estudo.....               | 122 |
| <b>Figura 30</b> – Janela do software FisPro para criar um novo documento.....              | 71  |
| <b>Figura 30 A</b> – Adicionar as variáveis de saída do modelo em estudo.....               | 122 |
| <b>Figura 31</b> – Adicionar uma nova entrada.....  | 71  |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 31 A</b> – Nova FP variável de entrada.....  | 123 |
| <b>Figura 32</b> – Janela do software FisPro para adicionar uma nova entrada.....            | 72  |
| <b>Figura 32 A</b> – Adicionar uma nova FP.....  | 123 |
| <b>Figura 33</b> – Variáveis de entrada do modelo em estudo.....                             | 72  |
| <b>Figura 33 A</b> – Função de pertinência da variável de entrada velocidade de eliminação.  | 124 |
| <b>Figura 34</b> – Adicionar as variáveis de saída do modelo estudo.....                     | 73  |
| <b>Figura 34 A</b> – Funções de pertinência (FPs) da velocidade de eliminação.....           | 124 |
| <b>Figura 35</b> – Adicionar a variável de saída do modelo em estudo.....                    | 73  |
| <b>Figura 35 A</b> – Funções de pertinência (FPs) da quantidade de medicamento em mg....     | 125 |
| <b>Figura 36</b> – Adicionar as variáveis de saída do modelo em estudo.....                  | 74  |
| <b>Figura 36 A</b> – Funções de pertinência (FPs) do risco de intoxicação.....               | 125 |
| <b>Figura 37</b> – Nova FP variável de entrada.....  | 74  |
| <b>Figura 37 A</b> – Janela de Regras.....   | 126 |
| <b>Figura 38</b> – Adicionar uma nova FP.....  | 75  |
| <b>Figura 38 A</b> – Janela de Inferências.....  | 126 |
| <b>Figura 39</b> – Função de pertinência da variável de entrada velocidade de eliminação.... | 75  |
| <b>Figura 39 A</b> – Inferência.....   | 127 |
| <b>Figura 40</b> – Funções de pertinência (FPs) da velocidade de eliminação.....             | 76  |
| <b>Figura 40 A</b> – Inferência.....   | 127 |
| <b>Figura 41</b> – Funções de pertinência (FPs) da quantidade de medicamento em mg.....      | 76  |
| <b>Figura 41 A</b> – Estrutura de ação da plataforma <i>Blynk</i> .....                      | 128 |
| <b>Figura 42</b> – Funções de pertinência (FPs) do risco de intoxicação.....                 | 77  |
| <b>Figura 42 A</b> – Tela do jogo.....   | 131 |
| <b>Figura 43</b> – Janela de Regras.....   | 77  |
| <b>Figura 43 A</b> – Questão do jogo na plataforma <i>Kahoot</i> .....                       | 131 |
| <b>Figura 44</b> – Janela de Inferências.....  | 78  |
| <b>Figura 44 A</b> - Funções de pertinência do tempo de validade.....                        | 135 |
| <b>Figura 45</b> – Inferência.....   | 79  |
| <b>Figura 46</b> – Inferência.....   | 79  |
| <b>Figura 47</b> – Simulações dos estudantes com o protótipo.....                            | 81  |
| <b>Figura 48</b> – Tela de acesso ao jogo.....   | 82  |
| <b>Figura 49</b> – Estudantes participando do jogo na plataforma <i>Kahoot</i> .....         | 83  |
| <b>Figura 50</b> – Questão do jogo na plataforma <i>Kahoot</i> .....                         | 83  |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 51</b> – Questão do jogo na plataforma <i>Kahoot</i> .....          | 84 |
| <b>Figura 52</b> – Resultado da avaliação de aprendizagem dos estudantes..... | 85 |

## LISTA DE TABELAS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabela 1</b> – Plano de curso do componente curricular matemática do 2º ano do Ensino Médio.....            | 41  |
| <b>Tabela 1 A</b> – Casos Registrados de Intoxicação Humana por Agente Tóxico e Zona de Ocorrência, 2017.....  | 93  |
| <b>Tabela 2</b> – Acúmulo residual do medicamento.....   | 51  |
| <b>Tabela 2 A</b> – Base de Regras <i>Fuzzy</i> .....  | 116 |
| <b>Tabela 3</b> – Acúmulo residual do medicamento no organismo em função da dose em intervalos de 8 horas..... | 59  |
| <b>Tabela 4</b> – Base de Regras <i>Fuzzy</i> .....  | 77  |



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

BNCC – Base Nacional Comum Curricular  
CEB – Câmara de Educação Básica  
CFF – Conselho Federal de Farmácia  
CNE – Conselho Nacional de Educação  
CRMG – Currículo Referência de Minas Gerais  
ECA – Estatuto da Criança e do Adolescente  
ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio  
FAMAT – Faculdade de Matemática  
FPs – Funções de Pertinência  
LDB – Lei de Diretrizes e Bases  
MIP – Medicamentos Isentos de Prescrição  
MS – Ministério da Saúde  
OMS – Organização Mundial de Saúde  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais  
PG – Progressão Geométrica  
PPGECM – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática  
SBRF – Sistema Baseado em Regras Fuzzy  
SEEMG – Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais  
SINITOX – Sistema Nacional de Informações Tóxico-farmacológicas  
TCT – Temas Contemporâneos Transversais  
TDICs – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação  
TDIEACM – Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Ciências e Matemática  
UFU – Universidade Federal de Uberlândia

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | 18 |
| <b>2 OBJETIVO GERAL</b> .....   | 27 |
| <b>2.1 Objetivos Específicos</b> .....  | 27 |
| <b>3 PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....  | 27 |
| <b>4 METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....  | 28 |
| <b>5 MODELAGEM MATEMÁTICA</b> .....   | 29 |
| <b>5.1 Modelo Farmacocinético: Eliminação de Fármacos</b> .....                     | 31 |
| 5.1.1 A meia-vida dos fármacos .....  | 32 |
| <b>5.2 Teoria dos Conjuntos <i>Fuzzy</i></b> .....                                  | 33 |
| 5.2.1 Sistema baseado em Regras <i>Fuzzy</i> .....                                  | 34 |
| 5.2.2 Sistema baseado em Regras <i>Fuzzy</i> para a intoxicação medicamentosa ..... | 36 |
| 5.2.3 Construção do protótipo do organismo humano .....                             | 37 |
| <b>6 RESUMO DAS ATIVIDADES</b> .....  | 42 |
| <b>7 RELATÓRIO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b> .....                         | 46 |
| <b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....   | 85 |
| <b>9 REFERÊNCIAS</b> .....  | 88 |
| <b>APÊNDICE</b> .....   | 92 |

## 1 INTRODUÇÃO

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), desenvolvida e aprovada para todas as etapas de ensino e a proposta de um Novo Ensino Médio com a inserção dos Itinerários Formativos, tem proporcionado mudanças estruturais nos anos finais da Educação Básica do país. Tais mudanças estão direcionadas a um novo público de estudantes que lida com os avanços tecnológicos, o acesso à internet e a velocidade das informações, contribuindo para uma reestruturação direcionada a esse novo perfil. Dessa forma, o “Novo Ensino Médio”, nomenclatura dada a este cenário educacional, foi estabelecido pela Lei nº 13.415/2017, alterando a Lei que estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). O Novo Ensino Médio amplia a carga horária mínima, aumenta o número de escolas de tempo integral e implementa nas instituições os Itinerários Formativos, a partir de diálogos com os estudantes e considerando os seus projetos e objetivos de vida, tendo como referência a BNCC e demais documentos oficiais (BRASIL, 2017). De acordo com o Conselho Nacional de Educação (CNE/CEB nº 3/2018) essa nova abordagem propõe que os estudantes assumam o papel de protagonismo no processo de construção de seu aprendizado.

Art. 8º As propostas curriculares do ensino médio devem:

I – garantir o desenvolvimento das competências gerais e específicas da Base Nacional Comum Curricular

II - garantir ações que promovam:

a) a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes, das tecnologias da informação, da matemática, bem como a possibilidade de protagonismo dos estudantes para a autoria e produção de inovação;

b) o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura;

c) a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;

III – adotar metodologias de ensino e de avaliação de aprendizagem que potencializem o desenvolvimento das competências e habilidades expressas na BNCC e estimulem o protagonismo dos estudantes; (CNE/CEB nº 3/2018).

Assim, o componente curricular matemática permanece em todas as etapas do Ensino Médio, contemplando a formação geral básica. Conforme a BNCC (BRASIL, 2018) seu ensino deve possibilitar aos estudantes:

[...] desenvolver habilidades relativas aos processos de investigação, de construção de modelos e de resolução de problemas. Para tanto, eles devem mobilizar seu modo próprio de raciocinar, representar, comunicar, argumentar e, com base em discussões e validações conjuntas, aprender conceitos e desenvolver representações e procedimentos cada vez mais sofisticados (BRASIL, 2018, p. 529).

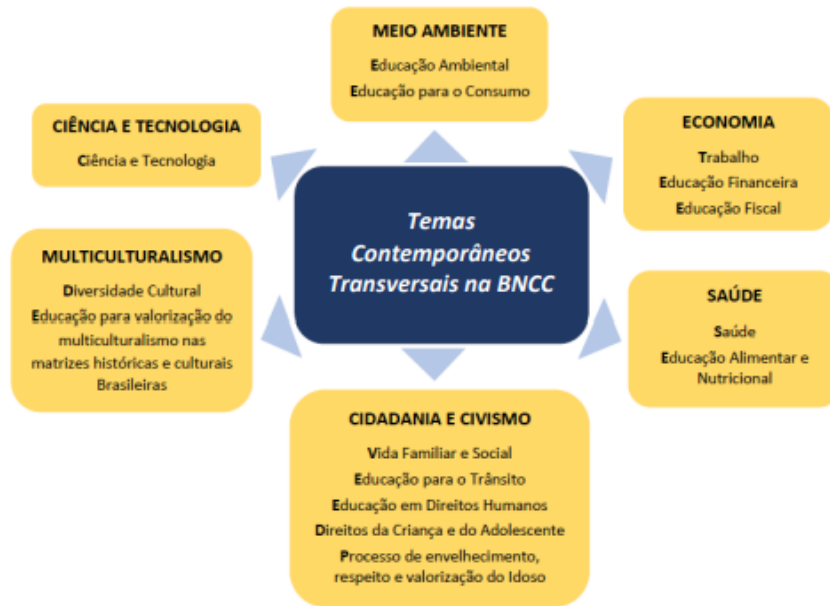
Diante de tais mudanças estruturais no processo de ensino e aprendizagem é preciso repensar as abordagens pedagógicas utilizadas para tornar a matemática algo atraente e

relevante, principalmente para que os estudantes participem da construção e consolidação de seus conhecimentos. Dessa forma, a Modelagem Matemática é utilizada neste trabalho como uma importante alternativa pedagógica, pois propõe atividades em que os estudantes transformam problemas reais em situações matemáticas, observando a aplicação dos resultados em seu cotidiano e participando ativamente de seu processo formativo. Deve-se atentar que, para que ocorram inovações das abordagens pedagógicas, é necessário que haja o planejamento entre as áreas. A partir de um diálogo entre as disciplinas, temas e projetos devem ser definidos, levando em consideração o contexto, as particularidades, os conhecimentos prévios e o interesse dos estudantes. Assim, os Temas Contemporâneos Transversais (TCT), propõem temáticas ideais para o aprendizado, ao facilitarem projetos interdisciplinares, além de conectarem e complementarem as diversas áreas do conhecimento.

Os Temas Transversais estão presentes nos documentos oficiais da Educação Básica desde 1997, período em que os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) já abordavam a sua inclusão nos currículos das instituições de ensino (BRASIL, 1997). Inicialmente, os temas eram: saúde, ética, orientação sexual, pluralidade cultural, meio ambiente, trabalho e consumo. No entanto, não havia uma obrigatoriedade quanto a sua implementação curricular.

Após a publicação da BNCC, em 2018, esses temas passaram a ser denominados TCT, tornando-se obrigatórios e direcionadores para a construção dos currículos e propostas pedagógicas das instituições educacionais. A palavra “transversal” quer dizer que atravessa assim a transversalidade de temas, dentro do currículo, tem como proposta abordar temas comuns aos diferentes componentes curriculares e promover a integração entre estes a partir das experiências dos estudantes. As temáticas contemporâneas devem ser trabalhadas de forma integradora e complementar, considerando a realidade desses estudantes e as características que compõem o contexto em que cada instituição escolar está inserida, oportunizando então o acesso dos estudantes a uma formação integral e significativa. De acordo com a BNCC os TCT foram distribuídos em seis áreas com as suas respectivas temáticas conforme mostrado na Figura 1.

**Figura 1** – Temas Contemporâneos Transversais



**Fonte:** <[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao\\_temas\\_contemporaneos.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf)>

A abordagem transdisciplinar entre as temáticas favorece o aprendizado de forma ampla, conecta as informações, reduz a segmentação do conhecimento e promove conversas a partir de questões atuais, vivenciadas no contexto social. Destaca-se que, alinhada à BNCC (BRASIL, 2018), o tema saúde abordado nesta proposta de trabalho faz parte do rol dos TCT e almeja levar para o ambiente escolar conhecimentos sobre atitudes e valores relacionados à saúde e ao bem-estar individual e coletivo, buscando contextualizar o que é ensinado e contribuindo para a formação integral dos estudantes.

Cabe aos sistemas e redes de ensino, assim como às escolas, em suas respectivas esferas de autonomia e competência, incorporar aos currículos e às propostas pedagógicas a abordagem de temas contemporâneos que afetam a vida humana em escala local, regional e global, preferencialmente de forma transversal e integradora (BRASIL, 2018, p. 19).

De acordo com o plano de curso do segundo ano do Ensino Médio o currículo é estruturado por componentes curriculares e por áreas do conhecimento, sendo elaborado conforme documentos oficiais de forma interdisciplinar e transdisciplinar. O Currículo Referência de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2019) para esta etapa de ensino aponta:

Há décadas os termos interdisciplinar/interdisciplinaridade, transdisciplinar/transdisciplinaridade fazem parte dos discursos e documentos da educação escolar. Espera-se que a interdisciplinaridade restabeleça a divisão das ciências em muitas disciplinas e o diálogo entre elas alcance a transdisciplinaridade que, de acordo com Piaget (1973), é a interação e reciprocidade entre as ciências, de modo a não se ter mais fronteiras entre os componentes curriculares. Em consonância com essa concepção, de modo a não excluir nenhum componente curricular, inter e transdisciplinaridade são estratégias para a organização curricular por áreas do conhecimento, para o fortalecimento das relações entre elas, para apreensão e intervenção na realidade, bem como para promoção de um trabalho integrado e cooperativo dos professores (MINAS GERAIS, 2019, p. 47).

Este trabalho foi desenvolvido interdisciplinarmente entre duas áreas do conhecimento: Matemática e Química. De acordo com o documento Temas Contemporâneos Transversais na BNCC (BRASIL, 2019) os TCT são temas abrangentes, não pertencendo a uma disciplina específica, devendo ser contemplados por diversas delas. O Conselho Nacional de Educação Básica (CNE/CEB nº 3/2018) atualiza as Diretrizes Curriculares para a Educação Básica destacando em seu Art.11 § 2º “O currículo por área de conhecimento deve ser organizado e planejado dentro das áreas de forma interdisciplinar e transdisciplinar”.

Dessa forma, a articulação entre áreas por meio da interdisciplinaridade e da diversidade de temas contemplados pelos TCT proporciona a construção de um conhecimento integrado, possibilitando uma oportunidade essencial para o processo formativo dos estudantes. Neste trabalho os componentes curriculares Matemática e suas Tecnologias e Ciências da Natureza e suas Tecnologias dialogam entre si, a partir do TCT saúde. Apresentam-se a seguir as unidades temáticas, objetos de conhecimento e suas respectivas habilidades para a atividade proposta a partir do TCT, utilizando a abordagem interdisciplinar.

- Habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CRMG) - Currículo Referência de Minas Gerais:

- Competência específica 2: Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis;
- Unidade temática: Vida, Terra e Cosmos;
- Objeto de conhecimento: Automedicação e uso excessivo de medicamentos; mecanismo de ação de drogas e remédios no corpo humano;
- Código da habilidade na BNCC: EM13CNT207X;
- Habilidade: Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e

aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção de saúde e do bem-estar, sabendo identificar informações inverídicas (fake news).

- Habilidades da Matemática e suas Tecnologias (CRMG)-Currículo Referência de Minas Gerais:

- Competência específica 5: Investigar e estabelecer conjecturas a respeito de diferentes conceitos e propriedades matemáticas, empregando estratégias e recursos, como observação de padrões, experimentações e diferentes tecnologias, identificando a necessidade, ou não, de uma demonstração cada vez mais formal na validação das referidas conjecturas;
- Unidade temática: Números e Álgebra;
- Objeto de conhecimento: Função exponencial. Sequências numéricas: progressões geométricas (PG).
- Código da habilidade na BNCC: EM13MAT508;
- Habilidade: Identificar e associar progressões geométricas (PG) a funções exponenciais de domínios discretos, para análise de propriedades, dedução de algumas fórmulas e resolução de problemas.

Ao abordar o objeto do conhecimento automedicação e uso excessivo de medicamentos é necessária uma breve explicação sobre a temática, relevante e comum ao contexto social atual. No dia a dia é comum observar diversos fenômenos imprecisos, especialmente em áreas que envolvem a saúde como na Biomedicina, Bioengenharia e outras. Compreender como funcionam esses fenômenos, assim como as possibilidades de intervenção, contribui em muito nas escolhas e tomadas de decisão frente à realidade na qual o homem se insere.

De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas (SINITOX), em 2017, foram registrados 76.115 casos de intoxicação por agentes tóxicos, no Brasil, sendo que dentre estes 20.637 casos tinham como causa os medicamentos, apresentando um percentual de 27,11% em relação ao total. O Ministério da Saúde (MS) aponta que o uso irracional ou inadequado de medicamentos é um dos principais problemas em nível mundial. Ainda, de acordo com esse órgão, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que mais da metade de todos os medicamentos são prescritos, dispensados ou vendidos de forma inadequada, além de que metade de todos os pacientes não os utiliza corretamente (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

No ano de 2019, uma pesquisa solicitada pelo Conselho Federal de Farmácia (CFF) e realizada pelo Instituto de pesquisas Datafolha entrevistou 2074 pessoas com idade a partir de 16 anos que utilizaram medicamentos nos últimos 6 meses. A pesquisa constatou que, dentre os entrevistados, 77% dos brasileiros afirmaram utilizar medicamentos sem prescrição nesse período, sendo que 47% deles utilizaram o medicamento pelo menos 1 vez por mês e 25% se automedicaram todos os dias ou pelo menos uma vez na semana. Um fato que chama a atenção é o de que 25% dos entrevistados foram influenciados por familiares, amigos e vizinhos na escolha desses medicamentos (CONSELHO FEDERAL DE FARMÁCIA, 2019).

A automedicação é um hábito muito comum entre os brasileiros. Por vezes, em busca do alívio rápido para um sintoma como a dor, por exemplo, é comum as pessoas recorrerem aos Medicamentos Isentos de Prescrição (MIP). Porém, a automedicação oferece inúmeros riscos desconhecidos pela população. A ONU NEWS reporta que, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), o uso excessivo, limitado ou impróprio de remédios afeta a saúde das pessoas e gasta recursos (ONU NEWS, 2010).

Calderari (2017) adverte que os medicamentos são elementos importantes dentro dos recursos disponibilizados para o tratamento e cura das pessoas no entanto não apresentam apenas benefícios, sendo também responsáveis por um elevado número de agravos à saúde, provocados por intoxicações em virtude do uso incorreto ou inapropriado, tornando-se um problema de saúde pública e desencadeando custos ao setor público e à população.

Em relação à metodologia utilizada nesse trabalho são apresentados alguns conceitos da teoria dos conjuntos *fuzzy*, também chamado de conjuntos difusos, introduzida por volta de 1960 por Lofti Zadeh (ZADEH, 1965) e com a intenção de significar termos linguísticos subjetivos como “aproximadamente”, “em torno de”. Essa teoria é uma ampliação dos conjuntos clássicos. O Jornal do Brasil, em 1991, trouxe uma reportagem com o título “O futuro será ‘fuzzy’ ”, afirmando a partir da sugestão de Zadeh, por meio da lógica *fuzzy* que “os computadores poderiam ser programados para armazenar não só números multidigitais precisos, mas também conceitos vagos” (JORNAL DO BRASIL, 1991). Ainda, de acordo com a reportagem, esses conceitos foram fundamentais para os estudos que embasaram a inteligência artificial e, em pouco mais de duas décadas essa nova teoria passou a ser utilizada pelos japoneses em programações de eletrodomésticos e eletroeletrônicos, estando presente no dia a dia das pessoas. Pode-se notar a presença da lógica fuzzy em diversas áreas, sobretudo em fenômenos biológicos nos quais ocorrem muitas imprecisões, sendo apropriada a aplicação desta teoria em modelos farmacocinéticos como o que será apresentado, em virtude da natureza dinâmica e também pelo grau de incertezas presente. De acordo com Merli (2012) a modelagem



matemática pode auxiliar na conexão entre as pessoas e a matemática quando baseada na diversidade de linguagens. Dessa forma, o autor evidencia a importância das relações entre a linguagem clássica e a *fuzzy*.

Na última década a literatura matemática da imprecisão e incerteza tem crescido consideravelmente. Uma maneira de modelar problemas ligados à realidade biológica, em que tanto as variáveis de estado como os parâmetros são empregados de subjetividade, vem ganhando terreno na área de biomatemática com resultados significativos e animadores (JAFELICE, 2004).

É importante destacar a presença das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) presentes neste trabalho, uma vez que a lógica *fuzzy* está diretamente relacionada ao pensamento computacional e a outras habilidades cognitivas. Para o desenvolvimento do modelo em estudo utiliza-se o pensamento computacional na resolução de problemas, de forma contextualizada e fundamentando-se em quatro pilares existentes nesse processo, tais como: decomposição, abstração, pensamento algoritmo e reconhecimento de padrões, conforme pode-se observar no infográfico da Figura 2.

**Figura 2 - 4 Habilidades Desenvolvidas pelo Pensamento Computacional**



Fonte: <<https://d3351uupugsy2.cloudfront.net/cms/files/44571/1540579736infografico4.jpg>>

Assim, pode-se dizer que as habilidades desenvolvidas pelo pensamento computacional, a partir do modelo em estudo, consistem em:

- Decomposição - decompor o problema do modelo em problemas menores ou subproblemas, como a matematização da meia-vida do medicamento, a soma residual do medicamento a partir da generalização da fórmula da PG, a superdosagem ou quantidade residual capaz de oferecer riscos de intoxicação, sempre partindo de exemplos mais simples, para mais complexos;
- Abstração - organizar as informações mais importantes, priorizando os dados essenciais para a solução do problema;
- Pensamento algoritmo - criar estratégias que permitam solucionar o problema, como o fluxograma com comandos de entrada e saída do SBRF, determinando os riscos de intoxicação pelo organismo, Figura 6.
- Reconhecimento de padrões - analisar no modelo estudado as similaridades a partir da inserção de dados de entrada no SBRF, observando tendências ao risco de intoxicação pelo organismo.

A autora Wing (2006 p. 04) assim define pensamento computacional:

[...] uma forma para seres humanos resolverem problemas; não é tentar fazer com que seres humanos pensem como computadores. Computadores são tediosos e enfadonhos; humanos são espertos e imaginativos. Nós humanos tornamos a computação empolgante. Equipados com aparelhos computacionais, usamos nossa inteligência para resolver problemas que não ousaríamos sequer tentar antes da era da computação e construir sistemas com funcionalidades limitadas apenas pela nossa imaginação [...].

O uso dessa abordagem está em consonância com a BNCC (BRASIL 2018, p.474) ao afirmar que o pensamento computacional “envolve as capacidades de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos”. A seguir são apresentadas as unidades temáticas, objetos de conhecimento e suas respectivas habilidades para a atividade proposta a partir do pensamento computacional:

- Habilidades da Matemática e suas Tecnologias (CRMG) - Currículo Referência de Minas Gerais:

- Competência específica 3: utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos, em seus campos – Aritmética, Álgebra, Grandezas e Medidas, Geometria, Probabilidade e Estatística – , para interpretar, construir modelos e resolver problemas em diversos contextos, analisando a plausibilidade dos resultados e a adequação das soluções propostas, de modo a construir argumentação consistente;
- Unidade temática: números e álgebra;
- Objeto de conhecimento: noções básicas de Matemática Computacional. Algoritmos e sua representação por fluxogramas;
- Código da habilidade na BNCC: (EM13MAT315);
- Habilidade: reconhecer um problema algorítmico, enunciá-lo, procurar uma solução e expressá-la por meio de um algoritmo, com o respectivo fluxograma.

- Habilidades da Matemática e suas Tecnologias (CRMG) - Currículo Referência de Minas Gerais:

- Competência específica 4: compreender e utilizar, com flexibilidade e precisão, diferentes registros de representação matemáticos (algébrico, geométrico, estatístico, computacional etc.), na busca de solução e comunicação de resultados de problemas;
- Unidade temática: números e álgebra;
- Objeto de conhecimento: noções elementares de matemática computacional: sequências, laços de repetição, variável e condicionais; Algoritmos: modelagem de problemas e de soluções; Linguagem da programação: fluxogramas;
- Código da habilidade na BNCC: (EM13MAT405);
- Habilidade: utilizar conceitos iniciais de uma linguagem de programação na implementação de algoritmos escritos em linguagem corrente e/ou matemática.

Assim, durante a realização do trabalho surge a pergunta motivadora:

- Como desenvolver e aplicar uma sequência didática via Progressão Geométrica (PG), sobre medicamentos no Ensino Médio, utilizando a lógica *fuzzy*?

## 2 OBJETIVO GERAL

Compreender o desenvolvimento de uma sequência didática, a partir de um tema contemporâneo transversal com Modelagem Matemática e progressão geométrica, utilizando a lógica *fuzzy* e as tecnologias digitais.

### 2.1 Objetivos Específicos

- Abordar o conceito de meia-vida dentro do conteúdo de progressão geométrica para que os estudantes compreendam o processo de decaimento da meia-vida do medicamento, aproximando esse acontecimento a fatos reais;
- Promover o uso consciente de medicações a partir da compreensão de sua ação e efeitos causados no organismo humano;
- Modelar o risco da intoxicação medicamentosa a partir de um experimento químico para a explicação e compreensão de um fenômeno biológico;
- Utilizar o pensamento computacional como estratégia didática na resolução de problemas.

## 3 PRODUTO EDUCACIONAL

Neste trabalho pretende-se construir dois produtos educacionais:

- O manual da construção do protótipo desse organismo em formato de *e-book*;
- O protótipo do organismo que indica risco de intoxicação medicamentosa, dependendo da velocidade de eliminação do fármaco e quantidade de medicamento administrado ao indivíduo.

O primeiro produto será disponibilizado no site do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM), da Universidade Federal de Uberlândia, já o segundo será exposto no Laboratório de Ensino de Matemática (FAMAT) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

#### 4 METODOLOGIA DA PESQUISA

O trabalho em tela propõe uma pesquisa que se relaciona à teoria e à prática a partir da Modelagem Matemática e o pensamento computacional. A utilização de diferentes *softwares* bem como equipamento específico “protótipo” (construído para simulações), proporcionam aos estudantes o contato com um modelo baseado em uma situação real, sendo possível devido à utilização de recursos tecnológicos, delineando características quantitativas à pesquisa. De acordo com Collis e Hussey (2005) em relação à natureza é uma pesquisa aplicada, pois “visa à aplicação de suas descobertas na solução de um problema” (COLLIS; HUSSEY, 2005, p. 28). Por outro lado, conta também com dados relativos à realidade dos participantes, considerando não apenas as competências cognitivas, mas a participação na pesquisa de forma integral levando em consideração o contexto em que estão inseridos, as habilidades socioemocionais e a capacidade de inteiração e colaboração em todas as etapas do processo, demonstrando um caráter qualitativo. De acordo com Minayo (2001, p. 21-2):

A pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares. Ela se preocupa, nas ciências sociais, com um nível de realidade que não pode ser quantificado. Ou seja, ela trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis.

A BNCC (BRASIL, 2018) sugere dados que norteiam o processo avaliativo dos estudantes, o que também contribui para a pesquisa qualitativa:

No novo cenário mundial, reconhecer-se em seu contexto histórico e cultural, comunicar-se, ser criativo, analítico-crítico, participativo, aberto ao novo, colaborativo, resiliente, produtivo e responsável requer muito mais do que o acúmulo de informações. Requer o desenvolvimento de competências para aprender a aprender, saber lidar com a informação cada vez mais disponível, atuar com discernimento e responsabilidade nos contextos das culturas digitais, aplicar conhecimentos para resolver problemas, ter autonomia para tomar decisões, ser proativo para identificar os dados de uma situação e buscar soluções, conviver com as diferenças e as diversidades (BRASIL, 2018, p. 14).

A autora Gatti (2012, p. 32) considera “que os conceitos de quantidade e qualidade não são totalmente dissociados, na medida em que, de um lado, a quantidade é uma interpretação, [...] e, de outro, ela precisa ser interpretada qualitativamente, pois, sem relação a algum referencial, não tem significação em si”. O processo de construção dessa pesquisa é, portanto, qualitativa e quantitativa, ao entender que todas as etapas da pesquisa são importantes e

agregam em muito ao resultado final desse trabalho. Para melhor organização do texto na seção cinco é apresentada a Modelagem Matemática e o modelo em estudo; na seção seis descreve-se o resumo do planejamento da sequência didática, na seção sete tem-se o relatório da aplicação da sequência didática com os estudantes, e por fim, são apresentadas as considerações finais desta investigação.

## 5 MODELAGEM MATEMÁTICA

O desenvolvimento de atividades relacionadas à realidade requer a compreensão delas, uma vez que os fenômenos reais são complexos e dificultam a resolução por parte dos estudantes. Logo, a Modelagem Matemática é um recurso metodológico facilitador, pois permite a representação e reflexão a partir de problemas contextuais, possibilitando a esses estudantes buscar estratégias e ações para resolvê-los.

Bassanezi (2002) aponta a utilização da matemática mencionando a Modelagem Matemática:

O objetivo fundamental do ‘uso’ da Matemática é de fato extrair a parte essencial da situação-problema e formalizá-la em um contexto abstrato onde o pensamento possa ser absorvido com uma extraordinária economia de linguagem. Desta forma a matemática pode ser vista como instrumento intelectual capaz de sintetizar ideias concebidas em situações empíricas que estão quase sempre camufladas num emaranhado de variáveis de menor importância (BASSANEZI, 2002, p. 18).

Neste trabalho a escolha da Modelagem Matemática como metodologia de ensino surge das percepções enquanto professora em sala de aula, ao observar que os estudantes se sentem interessados e motivados quando os assuntos abordados estão relacionados, de alguma forma, às suas vivências e quando estão envolvidos na construção das suas aprendizagens, compreendendo o processo, o “saber fazer”. De acordo com Bertone, Bassanezi e Jafelice (2014, p. 09) “a utilização da modelagem na educação matemática valoriza o ‘saber fazer’ do aluno, desenvolvendo sua capacidade de avaliar o processo de construção de modelos matemáticos nos diferentes contextos de aplicação, a partir da realidade de seu ambiente”.

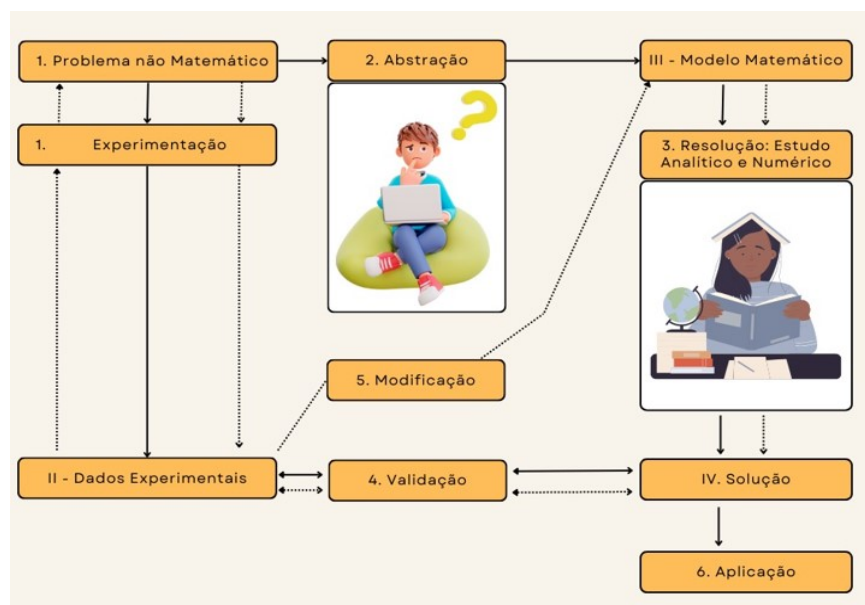
A BNCC (BRASIL, 2018) endossa que a área de Matemática e suas tecnologias devem aproveitar as potencialidades já adquiridas pelos estudantes, promovendo ações que estimulem a reflexão e abstração, dando suporte ao modo de pensar e favorecendo as tomadas de decisões desses estudantes. Pode-se observar que em nenhum momento a BNCC aponta qual o método a ser utilizado pelo professor, porém enfatiza a importância de se considerar as vivências e

potencialidades dos estudantes bem como o suporte aos métodos utilizados no processo. Assim, para a consolidação dessa proposta a BNCC (2018 p. 519) ressalta:

Os estudantes devem desenvolver habilidades relativas aos processos de investigação, de construção de modelos e de resolução de problemas. Para tanto, eles devem mobilizar seu modo próprio de raciocinar, representar, argumentar, comunicar e, com base em discussões e validações conjuntas, aprender conceitos e desenvolver representações e procedimentos cada vez mais sofisticados.

Bassanezi (2002) concebe a Modelagem Matemática como um processo dinâmico utilizado para obter modelos e validá-los. Consiste em sua essência, em transformar situações reais em problemas matemáticos e resolvê-los a partir de interpretações feitas da linguagem comum. A atividade de Modelagem Matemática pode ser melhor compreendida a partir da Figura 3, em que as setas contínuas indicam a primeira aproximação da situação-problema e as setas pontilhadas mostram a busca por um modelo que melhor descreva o problema estudado (BASSANEZI, 2002).

**Figura 3** – Estrutura de uma Modelagem Matemática



Fonte: Bassanezi (2002. Adaptado).

A Figura 3 evidencia que as atividades de Modelagem Matemática consistem em:

1. Experimentação – atividade em que se processa a obtenção de dados (informações);
2. Abstração – nesta etapa formulam-se os modelos matemáticos;
3. Resolução – obtenção do modelo matemático a partir da substituição da linguagem

- natural das hipóteses, para a linguagem matemática;
4. Validação – fase em que o modelo proposto poderá ser aceito ou não, dependendo da sua proximidade dos resultados com valores obtidos com dados reais;
  5. Modificação – reformulação do modelo devido a incompatibilidades com a realidade.

Sobre a Modelagem Matemática, os autores Almeida, Silva e Vertuan (2020, p. 15) explicam que esta “visa propor soluções para problemas por meio de modelos matemáticos. O modelo matemático, nesse caso, é o que ‘dá forma’ à solução do problema e a Modelagem Matemática é a ‘atividade’ de busca por essa solução.” Ainda, de acordo com os autores, a atividade de modelagem possuem cinco fases relativas aos procedimentos necessários para que se configure, estruture e resolva uma situação-problema, sendo: a inteiração, a matematização, a resolução, a interpretação de resultados e a validação. Vejamos:

1. Inteiração: representa o primeiro contato com uma situação-problema que se pretende resolver a fim de se conhecerem as características e especificidades da situação;
2. Matematização: nesta fase há a passagem da situação-problema da linguagem natural para a linguagem matemática;
3. Resolução: consiste na construção do modelo matemático, respondendo às perguntas formuladas sobre o problema;
4. Interpretação de resultados e validação: consiste na análise da resposta para o problema, considerando-se tanto os procedimentos matemáticos utilizados quanto à compatibilidade da representação para a situação.

Dessa forma, considera-se importante compartilhar essa proposta pedagógica utilizando a Modelagem Matemática no Ensino Médio, pautando não apenas na BNCC, mas também no Currículo Referência das áreas de Matemática e suas tecnologias e Ciências da Natureza e suas Tecnologias. A seguir é apresentado o modelo utilizado nessa abordagem de ensino.

### **5.1 Modelo Farmacocinético: Eliminação de Fármacos**

Os estudos farmacocinéticos têm como objetivo estudar a cinética dos fármacos, ou seja, a concentração deles no organismo. Dentro do organismo há um movimento entre compartimentos pelas substâncias, e dessa forma, há também alteração em suas concentrações.



Um modelo farmacocinético é um modelo matemático capaz de interpretar e quantificar essas alterações (MENEGOTTO, 2011).

Um fator importante para a farmacologia é compreender como ocorrem as mudanças dessas concentrações no plasma sanguíneo. Entender essas variações possibilita, por exemplo, o ajuste de dosagens a serem administradas, ou o intervalo de tempo entre as dosagens. De acordo com Bassanezi e Ferreira (1988) o modelo compartimental é obtido supondo que a concentração do fármaco ( $y$ ) decai a uma velocidade proporcional, em cada instante, à sua própria concentração, podendo assim ser calculado matematicamente pela equação diferencial:

$$\frac{dy}{dt} = -ky . \quad (1)$$

em que  $k$  representa a velocidade de eliminação do fármaco.

Suponha  $y_0$  a dose inicial administrada para o indivíduo, no instante  $t = 0$ . A solução da equação é dada por:

$$y(t) = y_0 e^{-kt} . \quad (2)$$

Ainda, de acordo com os autores, o cálculo da saturação máxima do organismo é dado por:

$$y_s = \frac{y_0}{1 - e^{-kT}} , \quad (3)$$

em que:  $T$  é o intervalo entre as doses administradas e  $y_s$  é a concentração máxima de fármaco tolerada pelo organismo.

### 5.1.1 A meia-vida dos fármacos

A meia-vida representa o intervalo de tempo em que a concentração do fármaco cai pela metade no plasma sanguíneo. A meia-vida plasmática fornece índices importantes na farmacocinética para que administrações terapêuticas ou níveis tóxicos possam ser avaliados. Dessa forma, a medida que há uma diminuição de concentração do fármaco no organismo, é importante estar atento a esses níveis para que a eficácia do medicamento não fique reduzida.

O contrário também é importante observar, já que níveis muito altos de um fármaco em um organismo podem levar a riscos de intoxicação.

Segundo Bassanezi e Ferreira (1988) a constante de eliminação ( $k$ ) do fármaco, considerando apenas a eliminação pelo sistema renal, é obtida a partir da equação (2).

Quando  $t = t_{\frac{1}{2}}$  (tempo de meia-vida dos fármacos), então  $y = \frac{y_0}{2}$ . Assim, substituindo em (2), tem-se:

$$\frac{y_0}{2} = y_0 e^{-kt_{\frac{1}{2}}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-kt_{\frac{1}{2}}}$$

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = \ln\left(e^{-kt_{\frac{1}{2}}}\right)$$

$$\ln 1 - \ln 2 = -kt_{\frac{1}{2}}$$

$$-\ln 2 = -kt_{\frac{1}{2}}$$

$$k \cong \frac{0,693}{t_{\frac{1}{2}}}. \quad (4)$$

O conhecimento da meia-vida é útil para se conseguir a concentração máxima plasmática média constante. Esse platô da concentração constante é mantido pela repetição das doses com finalidade de substituir a parte do fármaco que é eliminada (LOPES; JAFELICE 2005).

No modelo proposto a meia vida é de 8 horas, dessa forma pode-se afirmar que:

$$k = 0,693/8$$

$$k = 0,0866. \quad (5)$$

## 5.2 Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*

Definição: Um conjunto fuzzy  $F$  do universo  $U$  é caracterizado por uma função de pertinência:

$$u_F : U \rightarrow [0,1].$$

Os valores  $u_F(x) = 1$  e  $u_F(x) = 0$  indicam, no primeiro caso a pertinência completa do elemento  $x$  ao conjunto  $F$ . No segundo caso o elemento  $x$  não pertence ao conjunto. A teoria dos conjuntos *fuzzy* amplia a teoria clássica dos conjuntos. Um conjunto *fuzzy*  $A$  pode ser identificado como um conjunto clássico de pares ordenados, assim representado:

$$A = \{(x, u_F(x)) \mid x \in U\}.$$

A partir de um Sistema Baseado em Regras *Fuzzy* (SBRF), no qual são inseridas variáveis linguísticas utilizam-se conectivos como “e”, “ou”, dentre outros, definidos como operadores lógicos que promovem uma relação entre as variáveis, tornando possível a construção de uma base de regras em que a simulação e a antecipação de resultados permitem previsões e tomadas de decisão.

### 5.2.1 Sistema baseado em Regras Fuzzy

O SBRF contém quatro componentes (Figura 4): a fuzzificação dos dados de entrada; uma coleção de regras *fuzzy* chamada base de regras; um método de inferência *fuzzy* e um processador de saída que fornece um número vetor como saída (JAFELICE; BARROS; BASSANEZI, 2023).

**Figura 4** – Esquema do Sistema Baseado em Regras *Fuzzy*



Fonte: Elaborado pela pesquisadora.

#### - Fuzzificação

Neste componente as entradas do sistema são moldadas por conjuntos *fuzzy* em seus respectivos domínios e para que haja a descrição das funções de pertinência, especialistas da área a ser modelada podem colaborar na definição das entradas.

#### - Base de Regras

A base de regras é composta por várias proposições *fuzzy* do tipo se...então... e cada uma delas representam termos linguísticos das variáveis que serão modelados por especialistas da área. A base de regras delinea relações entre as variáveis linguísticas e resulta em uma saída.

#### - Método de Inferência *Fuzzy*

Neste componente cada proposição *fuzzy* é transformada matematicamente por meio de métodos da lógica *fuzzy*. A base de regras será modelada de acordo com os operadores selecionados para definir a relação *fuzzy*. Dessa forma, o método de inferência é quem determina o sucesso do sistema, pois fornece a saída a ser escolhida a partir de cada entrada. Para melhor compreensão, será utilizado o método de inferência denominado Mamdani no modelo em estudo, sendo a descrição a seguinte:

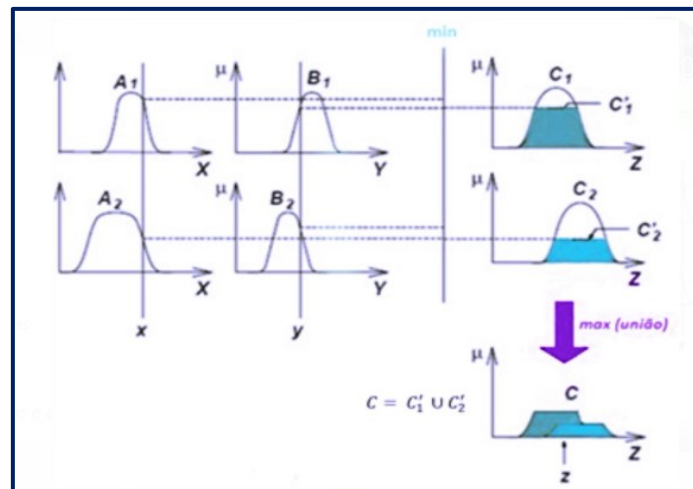
Uma regra Se (antecedente) então (consequente) é definida por uma relação binária *fuzzy* dos conjuntos *fuzzy* que compõem o antecedente e o consequente da regra. O método de Mamdani associa as regras por meio do operador lógico “OU”, modelado pelo operador máximo e, em cada regra, o operador lógico “E” é modelado pelo operador mínimo. Um exemplo é apresentado a seguir:

Regra 1: Se ( $x$  é  $A_1$  e  $y$  é  $B_1$ ) então ( $z$  é  $C_1$ ).

Regra 2: Se ( $x$  é  $A_2$  e  $y$  é  $B_2$ ) então ( $z$  é  $C_2$ ).

A Figura 5 demonstra como uma saída real  $z$  de um sistema de inferência do tipo Mamdani é obtida a partir das entradas  $x$  e  $y$  reais e a regra de composição max-min. A saída  $z \in R$  é obtida pela defuzzificação do conjunto *fuzzy* de saída  $C$ .

**Figura 5** – Método de Inferência *Fuzzy*



Fonte: Elaborado pela pesquisadora.

#### - Defuzzificação

O conjunto fuzzy pode ser representado por um valor real utilizando-se a defuzzificação. Em sistemas fuzzy normalmente a saída é um conjunto fuzzy. Existem diferentes métodos de defuzzificação, sendo apropriado a escolha de um deles para a conversão da saída, gerando um número real que a represente.

#### - Centro de gravidade

Este método de defuzzificação corresponde à média ponderada das áreas do total de figuras que representam o grau de pertinência de um subconjunto *fuzzy*, com a seguinte diferença: os pesos são os valores  $u_c(z_i)$  que indicam o grau de compatibilidade do valor  $z_i$  com o conceito modelado pelo conjunto fuzzy  $C$ . Para um domínio discreto tem-se:

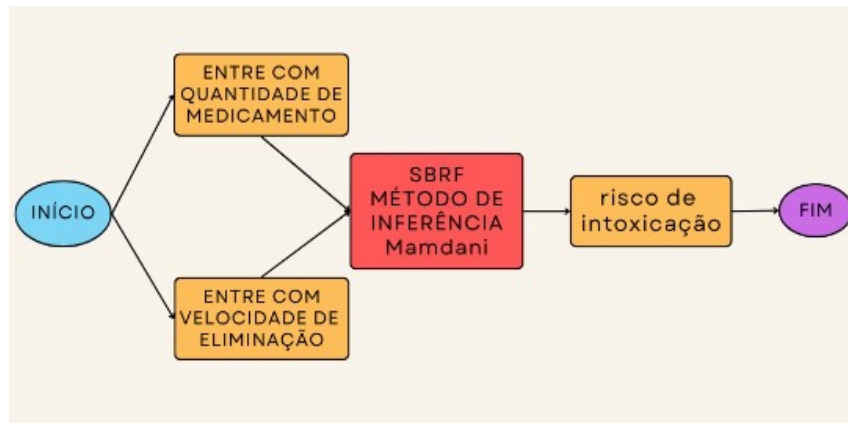
$$G(C) = \frac{\sum_{i=0}^n z_i u_c(z_i)}{\sum_{i=0}^n u_c(z_i)}$$

#### 5.2.2 Sistema baseado em Regras *Fuzzy* para a intoxicação medicamentosa

Com o intuito de modelar a intoxicação do organismo humano, um protótipo foi construído, e será apresentado neste trabalho posteriormente. Para o funcionamento dele um SBRF foi desenvolvido de acordo com o modelo farmacocinético em estudo baseado em Lopes

e Jafelice (2005). As variáveis de entrada do SBRF são velocidade de eliminação e quantidade de medicamento e a variável de saída é o risco de intoxicação. O método de inferência *fuzzy* utilizado é o de Mamdani. A Figura 6 representa o fluxograma do modelo.

**Figura 6** – Fluxograma do SBRF do modelo farmacocinético

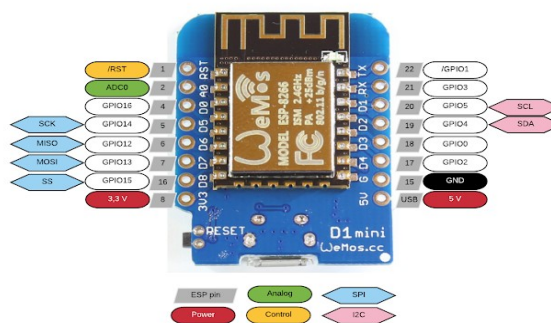


**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora.

### 5.2.3 Construção do protótipo do organismo humano

O protótipo do organismo humano foi construído por Marcelo Melazzo Rodrigues, engenheiro elétrico e mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Neste protótipo é utilizada a programação escrita em linguagem C++, em uma placa eletrônica ESP8266, por meio de uma biblioteca *fuzzy* (ALVES, 2012). A placa é ilustrada pela Figura 7 e a sua programação é realizada via plataforma Arduino, ilustrada na Figura 8.

**Figura 7** – Placa eletrônica ESP8266



**Fonte:** Solectroshop.

**Figura 8** – Arduino IDE 2.0

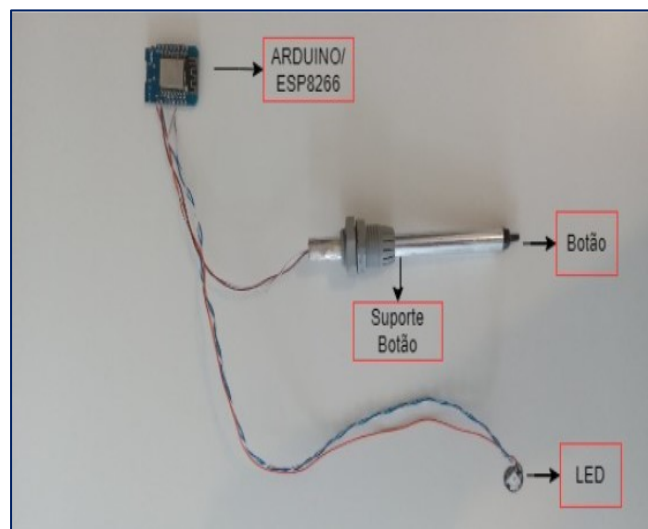


**Fonte:** Software Arduino.

Para simular um possível risco de intoxicação foi instalado no abdômen do boneco um ponto de luz de led por meio de um suporte. O SBRF que modela o risco de intoxicação é descrito no Apêndice. A luz será acionada representando sinais de alerta ao piscar e variar as cores, Figura 9. As cores no abdômen do protótipo estão programadas da seguinte forma:

- ✓ Se o risco está entre  $[ 0 ; 0,3)$ , então a luz verde acende;
- ✓ Se o risco está entre  $[ 0,3 ; 0,8)$ , então a luz amarela acende;
- ✓ Se o risco está entre  $[ 0,8 ; 1]$ , então a luz vermelha acende.

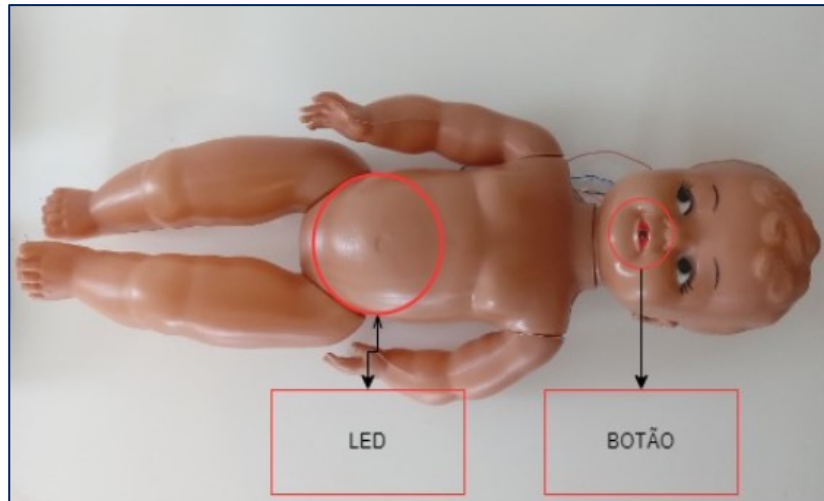
**Figura 9** – Luz de led, placa eletrônica ESP 8266 e botão “sensor”



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora.

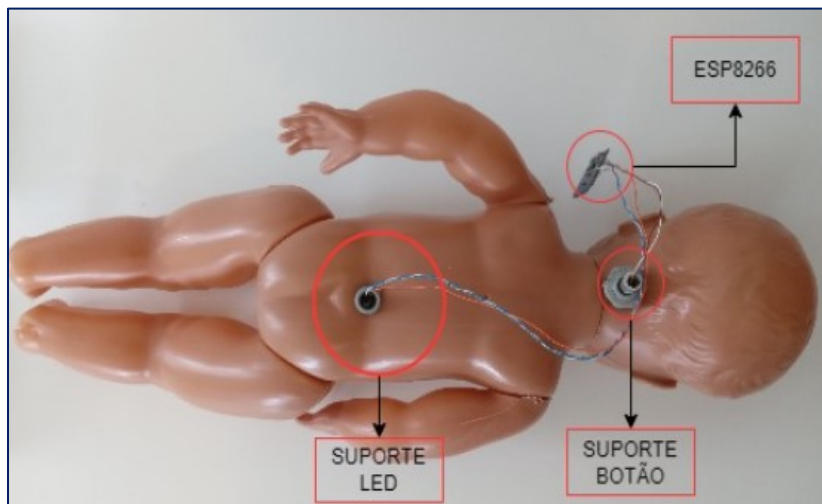
As Figuras 10 e 11 mostram a posição da luz de led no abdômen e o botão instalado na boca do boneco.

**Figura 10** – Luz de led posicionada no abdômen do protótipo e sensor de entrada posicionado na boca do protótipo.



Fonte: Elaborado pela pesquisadora.

**Figura 11** – Suporte para luz de led, botão “sensor” e comandos placa eletrônica ESP 8266



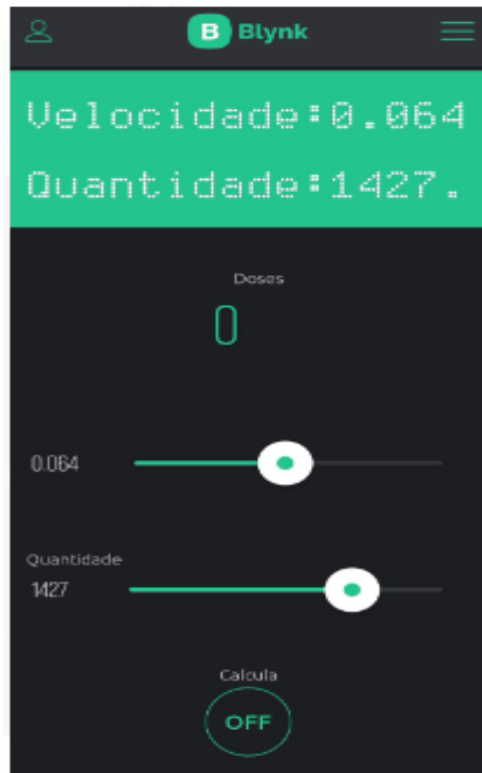
Fonte: Elaborado pela pesquisadora.

Para que haja a interface de controle e monitoramento do risco de intoxicação foi utilizado a Plataforma *Blynk*, desenvolvida para praticar a Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT) (BLYNK) por meio de dispositivos móveis. Para isso, os estudantes devem instalar o aplicativo da Plataforma *Blynk* em seus smartphones. O *Wi-Fi* presente na placa ESP 8266 possibilita a interação dos estudantes com o modelo por meio do SBRF. Em seguida, os



estudantes devem inserir os valores das variáveis de entrada do SBRF: quantidade de medicamento e velocidade de eliminação, ilustrado pela Figura 12. A quantidade de doses administradas serão captadas através do toque em um botão “sensor” instalado na boca do boneco e sensível ao mesmo, (Figura 10).

**Figura 12** – *Smartphone* com as variáveis de entrada e saída do SBRF do modelo farmacocinético



Fonte: Aplicativo *Blynk*.

Assim, com o objetivo de responder à pergunta norteadora dessa pesquisa - Como desenvolver e aplicar uma sequência didática via PG sobre medicamentos no Ensino Médio, utilizando a lógica *fuzzy*? – foram propostas atividades com estudantes do 2º ano do Ensino Médio, em uma escola estadual da cidade de Uberlândia – Minas Gerais. A metodologia utilizada neste trabalho está de acordo com o plano de curso da referida série, determinado pelo Currículo Referência de Minas Gerais (Tabela 1) e disponibilizado pela Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais (SEE/MG), pois o ensino da progressão geométrica é realizado por meio da Modelagem Matemática.

Tabela 1 – Plano de curso do componente curricular Matemática do 2º ano do Ensino Médio

| PLANO DE CURSO   |         |                                  |  |   |  |
|--|---------|----------------------------------|--|---|--|
| ÁREA DE CONHECIMENTO:  |         | Matemática e suas Tecnologias    |  | ANO DE ESCOLARIDADE:  | ANO LETIVO:  |
| COMPONENTE CURRICULAR:   |         | Matemática                       |  | 2º Ano – Ensino Médio   | 2022   |
| 1º BIMESTRE  |         |                                  |  |   |  |
| EIXO TEMÁTICO  | TEMA    | TÓPICO                           | HABILIDADE   | OBJETOS DE CONHECIMENTO   | DESCRIPTORIOS DO SAEB - Matemática   |
| Funções Elementares e Modelagem  | Funções | 9. Progressão aritmética         | 9.1. Reconhecer uma progressão aritmética em um conjunto de dados apresentados em uma tabela, sequência numérica ou em situações-problema. | - PA: definição<br>-PA: classificação, termo geral<br>- Problemas envolvendo PA | D22- Resolver problema envolvendo P.A./P.G. dada a fórmula do termo geral. |
|  |         |                                  | 9.2. Identificar o termo geral de uma progressão aritmética  |   |  |
|  |         | 23. Progressão aritmética        | 23.1. Resolver problemas que envolvam a soma dos n primeiros termos de uma progressão aritmética.  | - PG: classificação e termo geral<br>- Problemas envolvendo PG                  |  |
|  |         | 11. Progressão geométrica        | 11.1. Identificar o termo geral de uma progressão geométrica.  |   |  |
|  |         | 25. Progressão geométrica        | 25.1. Resolver problemas que envolvam a soma dos n primeiros termos de uma progressão geométrica.  | - Equação e sistemas lineares   |  |
|  |         | 27. Sistema de equações lineares | 27.1. Reconhecer se uma tripla ordenada é a solução de um sistema de equações lineares.  |   |  |
| 27.2. Resolver um sistema de equações lineares com duas variáveis e interpretar o resultado geometricamente. |         |                                  |  |   |  |
| 27.3. Resolver problemas que envolvam um sistema de equações lineares.                                       |         |                                  |  |   |  |

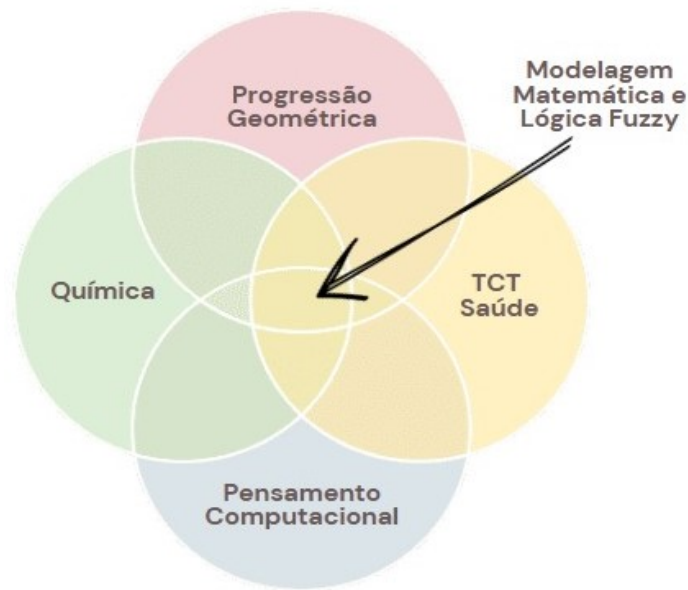


Fonte: Currículo Referência de Minas Gerais (2022; s/p)

As atividades estão conectadas da seguinte forma:

- 1- Escolha de um TCT com abordagem interdisciplinar;
- 2- Utilização da PG presente no conteúdo do Currículo Referência de Minas Gerais (2º ano do Ensino Médio) e cujo eixo temático é a modelagem;
- 3- Interdisciplinaridade com o componente curricular Química, a partir de um experimento químico, compreendendo o processo da meia-vida estudada na PG;
- 4- Utilização do pensamento computacional ao propor a construção de um algoritmo e de um fluxograma associando a inserção de dados de entrada e saída em um SBRF para simulações no modelo;
- 5- Utilização da Modelagem Matemática associada à lógica *fuzzy* para, a partir de simulações de um fenômeno real, obter e interpretar resultados para o problema proposto na pesquisa.

**Figura 13** – Conexões da aplicação da pesquisa



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora.

Na Figura 13 é apresentado um infográfico de acordo com as conexões estabelecidas. As etapas citadas podem ser observadas de forma mais detalhada nas seções 6 e 7 em que se apresenta a aplicação das atividades desta pesquisa com os estudantes.

## 6 RESUMO DAS ATIVIDADES

| 1ª Aula – Temática motivacional      |   |   |
|--------------------------------------|---|---|
| Conteúdos abordados                  | Descrição das atividades realizadas   | Recursos                                  |
| - Risco de Intoxicação medicamentosa | Com o objetivo de motivar os estudantes para o estudo da modelagem <i>fuzzy</i> do risco de intoxicação medicamentosa, inicialmente apresenta-se um vídeo em que esse assunto é abordado: ( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=DfcLZXFkqOU&amp;ab_channel=CanalSa%C3%BAdeOficial">https://www.youtube.com/watch?v=DfcLZXFkqOU&amp;ab_channel=CanalSa%C3%BAdeOficial</a> ). Em seguida, é trabalhado uma tabela de dados referentes a registros de casos de intoxicação humana no Brasil, informado pelo Ministério da Saúde /Sinitox (Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas): ( <a href="https://sinitox.iciet.fiocruz.br/sites/sinitox.iciet.fiocruz.br/files//Brasil9_1.pdf">https://sinitox.iciet.fiocruz.br/sites/sinitox.iciet.fiocruz.br/files//Brasil9_1.pdf</a> ). A intenção é demonstrar aos estudantes a importância dessa temática, bem como construir um modelo que represente um fato real, assim os motivando. | - Data <i>Show</i><br>- Vídeo<br>- Tabela |

| <b>2ª Aula – Criação de <i>e-book</i></b>  |  |  |
|--|--|--|
| Conteúdos abordados  | Descrição das atividades realizadas  | Recursos   |
| - Conceitos e termos técnicos de bulas de medicamentos.  | Nesta etapa é proposto um trabalho de pesquisa no laboratório de informática, sendo solicitado aos estudantes pesquisas na internet afim de conceituar os termos técnicos encontrados em bulas de medicamentos. A partir das pesquisas realizadas cada grupo deverá construir um <i>e-book</i> (dicionário digital) relacionado à temática proposta. Os estudantes utilizam as ferramentas <i>Google</i> Apresentações para a criação do <i>e-book</i> e a plataforma <i>Classroom</i> para a entrega da atividade.          | - <i>Data Show</i><br>- Sala de Informática<br>- <i>Google</i> Apresentações<br>- <i>Google Classroom</i><br>- Bulas de medicamentos |
| <b>3ª Aula – Progressão Geométrica</b>   |  |  |
| Conteúdos abordados  | Descrição das atividades realizadas  | Recursos   |
| - Conceito de meia-vida dos medicamentos<br>- Sequência Numérica<br>- Recorrência<br>- Termo Geral da PG | Inicialmente, aborda-se o conceito de meia-vida para que os estudantes consigam entender o processo de decaimento. Para isso são explorados os conhecimentos empíricos relacionados ao conceito de sequência numérica. A partir daí é apresentado aos estudantes o modelo em estudo representado por uma tabela com um exemplo hipotético de um fármaco com as dosagens, o processo de decaimento e o acúmulo de resíduos. A fórmula do termo geral da PG é generalizada a partir da sequência numérica do modelo em estudo. | - <i>Data Show</i>   |
| <b>4ª Aula – Soma da Progressão Geométrica</b>   |  |  |
| Conteúdos abordados  | Descrição das atividades realizadas  | Recursos   |
| - Conceito Soma da PG  | Nesta atividade pretende-se que os estudantes entendam de forma intuitiva o conceito da soma de uma Progressão Geométrica. Eles constroem algebricamente um esquema de compartilhamento de informações ( <i>fake news</i> ) e no final descobrem a soma total da quantidade de vezes que a notícia é compartilhada.  | - <i>Data Show</i><br>- Quadro<br>- Papel  |

| <b>5ª Aula – Soma da Progressão Geométrica</b>   |  |   |
|--|--|---|
| Conteúdos abordados  | Descrição das Atividades realizadas  | Recursos  |
| - Soma da PG   | Para que os estudantes consigam fazer associações entre o exemplo da Aula 4 e a soma residual dos medicamentos retoma-se a explicação do acúmulo residual do medicamento no organismo. Os estudantes compreendem como encontrar o acúmulo residual do medicamento no organismo ao final do tratamento utilizando a fórmula da soma da PG.            | - <i>Data Show</i><br>- Quadro<br>- Papel   |
| <b>6ª Aula – Soma da Progressão Geométrica</b>   |  |   |
| Conteúdos abordados  | Descrição das atividades realizadas  | Recursos  |
| - Risco de intoxicação<br>- Superdosagem<br>- Soma da PG   | Com o objetivo de responder a uma questão similar à do Enem e adaptada ao modelo em estudo, formam-se grupos. Uma breve explicação sobre superdosagem é feita para que os estudantes possam calcular a quantidade residual de medicamento capaz de oferecer riscos. Nessa atividade os grupos têm a liberdade de resolver a questão como preferirem. | - <i>Data Show</i><br>- Quadro<br>- Papel   |
| <b>7ª Aula – Simulação do risco de intoxicação</b>   |  |   |
| Conteúdos abordados  | Descrição das atividades realizadas  | Recursos  |
| - Risco de intoxicação<br>- Superdosagem<br>- Titulação  | Esta é uma atividade interdisciplinar entre a Matemática e a Química. A partir de um experimento químico, os estudantes podem observar a simulação da intoxicação medicamentosa e para isso são utilizadas substâncias que produzem cores.   | - <i>Becker</i><br>- Pipeta<br>- Proveta<br>- Haste de vidro<br>- Bureta<br>- <i>Erlenmeyer</i><br>- Amônia<br>- Vinagre<br>- Fenolftaleína |
| <b>8ª Aula – Conjuntos numéricos e operações entre conjuntos</b>   |  |   |
| Conteúdos abordados  | Descrição das atividades realizadas  | Recursos  |
| - Relações de pertinência<br>- Relações de inclusão<br>- Tipos de conjuntos<br>- Operações com conjuntos: União, | O objetivo dessa aula é uma revisão com os estudantes sobre conjuntos para que possam compreender o conceito, identificá-lo e representá-lo estabelecendo relações de pertinência e contingência entre os conjuntos e seus elementos. Inicialmente, são feitas   | - <i>Data Show</i><br>- Quadro<br>- Papel   |

| Interseção, Diferença e suas associações ao estudo dos sistemas ABO e suas incompatibilidades.  | proposições oriundas do contexto dos próprios estudantes, associando a ideia de conjuntos a coleções, pois entre eles existem vários colecionadores. Em seguida, articula-se esse conceito ao estudo do sistema de grupos sanguíneos (ABO). A compreensão dos conjuntos clássicos é fundamental para a continuidade do estudo do modelo relacionado a sequências e a PG, assim como a teoria dos conjuntos <i>fuzzy</i> que será iniciada na próxima aula.  |   |
|---|---|---|
| <b>9ª Aula – Conjuntos Fuzzy</b>  |   |   |
| Conteúdos abordados   | Descrição das atividades realizadas   | Recursos  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lógica clássica</li> <li>- Lógica <i>fuzzy</i></li> <li>- Conjuntos <i>fuzzy</i></li> <li>- Grau de pertinência</li> </ul>                               | Nesta aula é apresentada aos estudantes a definição de conjuntos <i>fuzzy</i> . Inicialmente é lembrada a função de pertinência característica dos conjuntos clássicos. Em seguida, para a exemplificação dos conjuntos <i>fuzzy</i> é lançada uma questão e percebe-se que os estudantes se dividem em suas opiniões e começam a entender que em determinadas situações as questões de pertinência podem não ser tão claras. Nota-se também que quanto mais próximo dos extremos de intervalos entre 0 e 1, maior a dificuldade em afirmar a pertinência a determinado conjunto. Assim, no modelo apresentado observa-se que a velocidade de eliminação $k$ e a quantidade de medicamento são parâmetros importantes para a análise dos riscos de intoxicação a partir da pertinência dos indivíduos a determinados conjuntos. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Data Show</i></li> <li>- Quadro</li> <li>- Papel</li> </ul> |
| <b>10ª Aula – Sistema Baseados em Regras Fuzzy (SBRF)</b>   |   |   |
| Conteúdos abordados   | Descrição das atividades realizadas   | Recursos  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grau de pertinência</li> <li>- Variáveis linguísticas</li> <li>- SBRF</li> <li>- Fuzzificação</li> <li>- Inferência</li> <li>- Defuzzificação</li> </ul> | O objetivo desta atividade é orientar os estudantes nas possíveis dúvidas sobre o SBRF do modelo em estudo, bem como na construção de gráficos das funções de pertinência das variáveis linguísticas de entrada e saída, analisando os possíveis riscos de intoxicação. Nesta etapa eles devem compreender como são definidas as funções de pertinência (Fuzzificação), bem como a análise simultânea das regras <i>fuzzy</i> e o resultado final (Defuzzificação).   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Software FisPro</i></li> </ul>                              |

| <b>11ª Aula – Apresentação do Protótipo</b>   |   |  |
|---|---|--|
| Conteúdos Abordados   | Descrição das Atividades Realizadas   | Recursos   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grau de pertinência</li> <li>- Variáveis linguísticas</li> <li>- SBRF</li> <li>- Fuzzificação</li> <li>- Inferência</li> <li>- Defuzzificação</li> </ul> | <p>Nesta aula é apresentada uma proposta lúdica em que os estudantes têm a oportunidade de manipular um protótipo desenvolvido por um engenheiro e que simula a intoxicação medicamentosa de um organismo humano. São utilizadas as plataformas Arduino e <i>Blynk</i>, sendo possível prever o potencial risco de intoxicação por meio da saída do SBRF.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protótipo</li> <li>- <i>Software</i></li> <li>- <i>FisPro</i></li> <li>- <i>Blynk</i></li> <li>- <i>Arduino</i></li> <li>- <i>Smartphone</i></li> </ul> |
| <b>12ª Aula – Avaliação da aprendizagem</b>   |   |  |
| Conteúdos Abordados   | Descrição das atividades realizadas   | Recursos   |

**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora.

A sequência didática com todos os detalhes é apresentada no Apêndice.

## **7 RELATÓRIO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Esta sequência didática foi aplicada para estudantes do Ensino Médio, em uma escola da rede estadual da cidade de Uberlândia, onde a pesquisadora é professora efetiva atuante já há 11 anos e, atualmente, leciona matemática apenas para turmas de segundos anos. Em 2021 tive a oportunidade de ingressar para o PPGECM da Universidade Federal de Uberlândia, um sonho alcançado. A aplicação da sequência que é relatada faz parte desse sonho que atualmente é compartilhado e construído junto com os estudantes. Como professora regente foi explicado aos estudantes sobre o projeto do mestrado e feito o convite a uma das turmas, perguntando se gostariam de participar da aplicação da sequência didática e a turma aceitou prontamente.

### **1ª AULA**

Esta atividade teve início no 1º bimestre do ano de 2022. Os estudantes se reuniram na sala de vídeo da escola e foi explicado a eles que seriam feitas atividades relacionadas ao conteúdo de PG e, para isso, primeiramente assistiriam a um vídeo sobre a intoxicação medicamentosa. Em seguida, visualizaram uma tabela de dados referentes a registros de casos de intoxicação humana no Brasil, informados pelo Ministério da saúde/Sinitox (Sistema

Nacional de Informações Tóxico Farmacológicas): Disponível em: ([https://sinitox.icict.fiocruz.br/sites/sinitox.icict.fiocruz.br/files//Brasil9\\_1.pdf](https://sinitox.icict.fiocruz.br/sites/sinitox.icict.fiocruz.br/files//Brasil9_1.pdf)). A partir do vídeo e das informações apresentadas, houve uma breve explanação sobre o assunto, sendo comentada a forma como as pessoas fazem uso das medicações, os riscos da automedicação e uso indiscriminado de remédios e dos seus efeitos.

Na sequência, iniciaram as discussões sobre o assunto em uma roda de conversa. Tanto o vídeo quanto os números de intoxicações por medicamento no Brasil, chamaram a atenção dos estudantes, os quais relataram ter conhecimento de algumas das experiências mostradas no vídeo com conhecidos ou pessoas próximas. Foram então informados que essa abordagem faz parte da sequência didática proposta inicialmente, sendo o objetivo simular uma intoxicação medicamentosa de um organismo humano utilizando cálculos.

## 2ª AULA

Nesta etapa propôs-se um trabalho de pesquisa no laboratório de informática. A ideia é a de que os estudantes se dividissem em grupos e selecionassem previamente, bulas de medicamentos e trouxessem para o início da atividade. Foi explicado a eles que as bulas apresentam muitos termos técnicos, o que muitas vezes poderia confundir ou dificultar o entendimento por parte dos consumidores.

Primeiramente, os estudantes identificaram termos tais como: posologia, dosagem, meia-vida, interações medicamentosas, efeitos colaterais, reações adversas, dentre outros. Em seguida, cada grupo precisou construir um dicionário digital (*e-book*) incluindo de 25 a 30 palavras escolhidas por eles. Para isso, tiveram acesso à *Google Apresentações*, a qual possibilita criar apresentações e construir *designers* gráficos. Perceberam que utilizando esta ferramenta poderiam construir o dicionário de bulas de medicamentos em ordem alfabética, de forma criativa e, inclusive utilizando imagens para obter um visual bonito e personalizado.

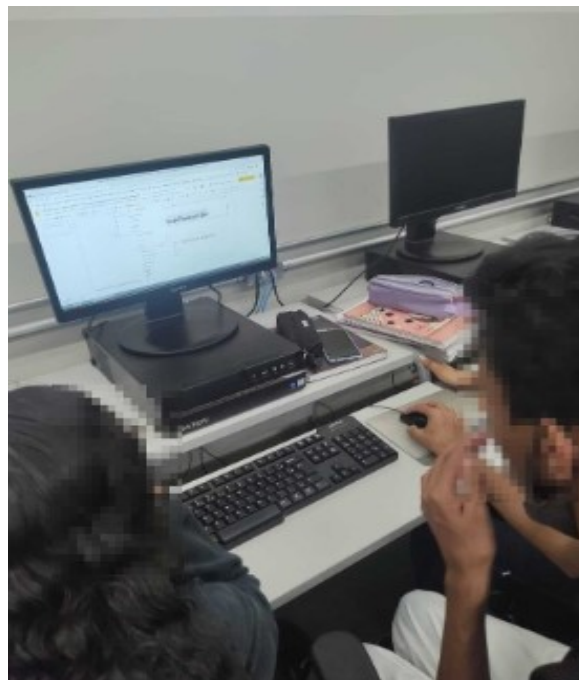
A atividade já havia sido postada com antecedência na plataforma *Classroom* (plataforma utilizada pela escola), com a devida descrição e um modelo em anexo para que pudessem se inspirar. De imediato acessaram a apresentação em branco e a partir daí deram início às suas criações. A atividade teve início nesta aula, mas como levariam algum tempo para realizá-la, foi necessário acompanhar as criações de forma virtual. Os grupos realizaram a tarefa de forma colaborativa devolvendo-a dentro do prazo estipulado, em um formato de arquivo PDF na plataforma *Classroom*. Esta atividade possibilitou o estímulo da criatividade por meio do uso das TIDCs, além das habilidades desenvolvidas em um trabalho colaborativo.



A aplicação da atividade evidenciou o empenho, a dedicação e o entusiasmo dos estudantes e a surpresa foi quanto a nunca terem construído um *e-book* antes. Nessa atividade os estudantes tiveram autonomia para as suas escolhas, elaborações e criações, o que é muito positivo para o processo de construção da aprendizagem. O trabalho foi avaliado de forma integral, sendo pontuado no bimestre.

Nas Figuras 14 e 15 são apresentadas imagens dos grupos de estudantes produzindo os *e-books*.

**Figura 14** – Desenvolvimento dos *e-books* pelos estudantes em laboratório



**Fonte:** Foto acervo da pesquisadora (2022).

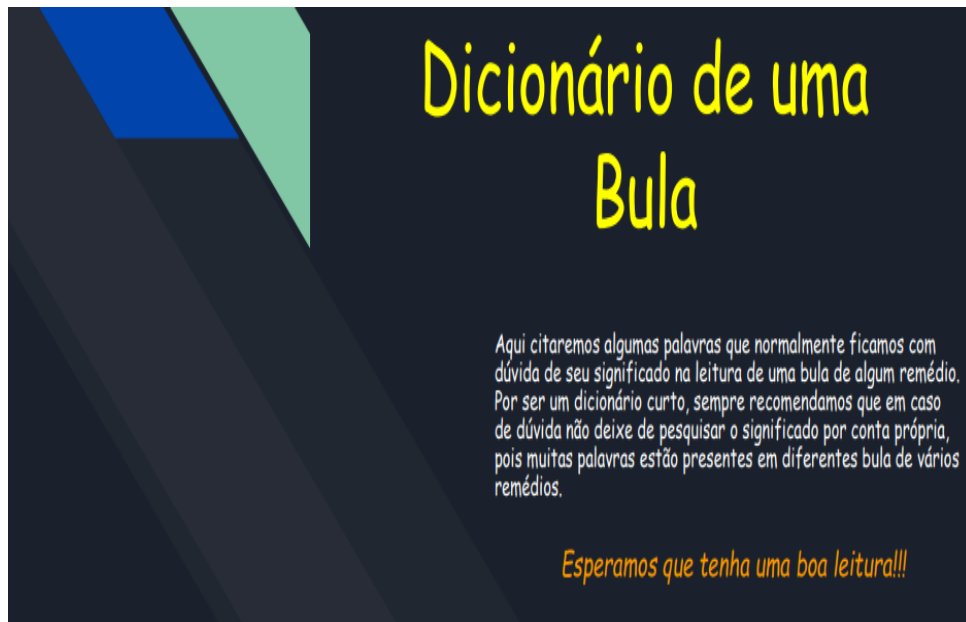
**Figura 15** – Desenvolvimento dos *e-books* pelos estudantes em laboratório



**Fonte:** Foto acervo da pesquisadora (2022).

Nas figuras 16 e 17 é apresentado um exemplo de *e-book* desenvolvido por um grupo de estudantes a partir de algumas bulas de medicamentos.

**Figura 16** – Exemplo de *e-book* desenvolvido por um grupo de estudantes



**Fonte:** Acervo da pesquisadora.

**Figura 17** – Exemplo de *e-book* desenvolvido pelos estudantes



**Sumário**

1. Palavras com a letra "A".....  
[Ácido Clorogênico](#) // [Alopecia](#) // [Anafilaxia](#) // [Antitussígeno](#)

2. Palavras com a letra "B".....  
[Broncoespasmo](#)

3. Palavras com a letra "C".....  
[Cefaléia](#) // [Cetropofeno](#) // [Choque anafilático](#) // [Cistite](#) // [Cloridrato de oxibutinina](#)

4. Palavras com a letra "D".....  
[Diplopia](#) // [Disfunção Miccional](#)

5. Palavras com a letra "E".....  
[Elucidada](#) // [Etilestradiol](#) // [Excipiente](#)

**Fonte:** Acervo da pesquisadora.

### 3ª AULA

Para que os estudantes entendessem o comportamento dos medicamentos no organismo, apresentou-se o conceito meia-vida de um medicamento e também que se trata do intervalo de tempo em que a concentração do medicamento se reduz à metade no plasma sanguíneo. Para que compreendessem o processo de decaimento abordou-se ainda sobre o conhecimento empírico relacionado ao conceito de sequência e assim, quando solicitados alguns exemplos de sequências, inicialmente pensaram que eram formadas apenas por números.

Então foi explicado que as sequências não necessariamente teriam que ser numéricas, mas poderiam ser atividades que eles faziam por exemplo no decorrer do dia. A pesquisadora mostrou um exemplo de sua rotina, assim eles entenderam que elas podem ter uma sucessão de fatos como acordar, trocar de roupa, tomar café, ir à escola. Alguns exemplos foram citados pelos estudantes como: sequências de dias da semana, estações do ano, sequências de ações que eles fazem para irem à escola, os próprios nomes na chamada, dentre outras. Logo foi inquirido que eles citassem exemplos de sequências numéricas e alguns estudantes citaram a sequência dos números naturais, outros dos números ímpares; também de números de telefone, de uma senha e a sequências dos números quadrados perfeitos.

Posteriormente, foram questionadas a partir dessa assertiva: Considere que uma estudante do 2º Ano, ao postar as suas mensagens no grupo do *WhatsApp* dos estudantes,

deixava sempre uma sequência de *emojis*, demonstrando um certo mistério. Em determinado dia, querendo evidenciar os seus sentimentos, ela repetiu essa mesma sequência por algumas vezes (DANTE, 2020. *Questão Adaptada*).

**Figura 18** – Sequência de *emojis*



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (DANTE, 2020. *Adaptado*).

A imagem da Figura 18 foi a eles apresentada e, em seguida questionou-se Existe uma regra que define esta sequência? Em caso afirmativo qual é essa regra?

“ – Sim e os 4 emojis sempre se repetem ”.

Em seguida: Ao observarem a sequência qual seria o 14º termo?

“ – O da carinha de risada ”.

Por isso questionou-se como chegaram a essa resposta?

E eles prontamente disseram: “ – É só repetir a sequência por 4 vezes e depois contar até o 14º termo, descobrindo que o termo procurado é o da carinha de risada ”.

Então nessa sequência de emojis, como por eles observada existia uma singularidade na repetição e, ao perceberem esse detalhe, foram capazes de identificar o termo procurado.

**Tabela 2** – Acúmulo residual do medicamento

| Dose        | Número de meias – vidas decorridas a partir da primeira dose |     |      |      |        |         |          |           |            |             |
|-------------|--|-----|------|------|--------|---------|----------|-----------|------------|-------------|
|             | 0  | 1   | 2    | 3    | 4      | 5       | 6        | 7         | 8          | 9           |
| 1ª          | 600  | 300 | 150  | 75   | 37,5   | 18,75   | 9,375    | 4,6875    | 2,34375    | 1,171875    |
| 2ª          |  | 600 | 300  | 150  | 75     | 37,5    | 18,75    | 9,375     | 4,6875     | 2,34375     |
| 3ª          |  |     | 600  | 300  | 150    | 75      | 37,5     | 18,75     | 9,375      | 4,6875      |
| 4ª          |  |     |      | 600  | 300    | 150     | 75       | 37,5      | 18,75      | 9,375       |
| 5ª          |  |     |      |      | 600    | 300     | 150      | 75        | 37,5       | 18,75       |
| 6ª          |  |     |      |      |        | 600     | 300      | 150       | 75         | 37,5        |
| 7ª          |  |     |      |      |        |         | 600      | 300       | 150        | 75          |
| 8ª          |  |     |      |      |        |         |          | 600       | 300        | 150         |
| 9ª          |  |     |      |      |        |         |          |           | 600        | 300         |
| 10ª         |  |     |      |      |        |         |          |           |            | 600         |
| Total em mg | 600  | 900 | 1050 | 1125 | 1162,5 | 1181,25 | 1190,625 | 1195,3125 | 1197,65625 | 1198,828125 |

**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora, dados fictícios (DANTE, 2017. *Adaptado*).

Após apresentar a Tabela 2, mais uma pergunta: O que conseguem observar na 1ª linha? E eles responderam:

“ – Os números posteriores são sempre a metade dos anteriores ”.

Em seguida: Pode-se afirmar que existe uma sequência nesse caso? E, sabiamente responderam que sim.

A partir daí foi retomado o conceito de sequência, lembrando que ela pode ou não seguir um padrão e, nesse modelo é numérica, logo há um padrão identificado por eles inicialmente.

Em seguida, tratou-se de progressão geométrica e mostrou-se aos estudantes na Tabela 2 (2ª linha), após a administração da 1ª dose, as quantidades dessa dosagem que restam no organismo em função do tempo; a 2ª linha evidencia como se comportam os resíduos da 2ª dose, chamando a atenção para o fato de que, após a 2ª dose, a quantidade total do medicamento no organismo é de 900 mg, ou seja, somam-se os 300 mg restantes da 1ª dose com os 600 mg da 2ª dose e, do mesmo modo, a referida tabela apresenta uma linha para cada dose que vai sendo acrescida. A última linha equivale à quantidade total do medicamento presente no organismo em função do número de horas após a administração da 1ª dose.

A partir das sequências numéricas presentes nas linhas da Tabela 2 os estudantes observaram que existe um padrão no decaimento das dosagens, conforme tinham dito inicialmente. Explicou-se então que devido ao tempo de meia-vida do fármaco a concentração plasmática vai se reduzindo à metade e, dessa forma, pode-se afirmar que cada termo dessa sequência é obtido pelo produto do termo anterior por uma constante. Para que os estudantes entendessem a fórmula de recorrência foi utilizada a linguagem algébrica, matematizando a 1ª dose, sendo  $m$  a quantidade de medicamento que permanece no organismo a partir da 1ª dose à medida que o número de meias-vidas ocorre:

#### MATEMATIZANDO A MEIA-VIDA

#### NÚMERO DE MEIAS-VIDAS

|   |   |
|---|---|
| $m_{(0)} = 600$   | 0 |
| $m_{(1)} = \frac{1}{2} m_{(0)} = \left(\frac{1}{2}\right)^1 m_{(0)}$  | 1 |
| $m_{(2)} = \frac{1}{2} m_{(1)} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} m_{(0)}\right) = \left(\frac{1}{2}\right)^2 m_{(0)}$   | 2 |
| $m_{(3)} = \frac{1}{2} m_{(2)} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2}\right)^2 m_{(0)} = \left(\frac{1}{2}\right)^3 m_{(0)}$ | 3 |
| .   | . |
| .   | . |
| .   | . |

$$m_{(9)} = \left(\frac{1}{2}\right)^9 m_{(0)}$$

9

$$\left(m_{(0)}, \frac{1}{2} m_{(0)}, \left(\frac{1}{2}\right)^2 m_{(0)}, \dots, \left(\frac{1}{2}\right)^9 m_{(0)}\right).$$

Seja  $a_1 = m_{(0)}$ , assim:

$$a_2 = a_1 \left(\frac{1}{2}\right)^1$$

$$a_3 = a_1 \left(\frac{1}{2}\right)^2$$

$$a_4 = a_1 \left(\frac{1}{2}\right)^3$$

.

.

.

$$a_{10} = a_1 \left(\frac{1}{2}\right)^9$$

Após matematizar a meia-vida juntamente com os estudantes perguntou-se: Qual o número que está sempre sendo elevado a potências diferentes? E eles responderam:

“ – O número  $\frac{1}{2}$  ”.

A partir da resposta encontrada pelos estudantes conclui-se que é a constante anteriormente citada, sendo a razão dessa sequência e analogamente a razão do modelo proposto. Enfatizou-se também que por se tratar do decaimento da concentração do medicamento no organismo poderiam também observar uma variação decrescente nessa sequência.

Em seguida, inquiriu-se: Para encontrarmos o termo  $a_{10}$  seria necessário multiplicar o termo  $a_1$  por quantos fatores iguais a razão  $q = \frac{1}{2}$ ? E para encontrarmos o termo  $a_n$ , onde  $n$  é o número de termos?

Os estudantes responderam que seria necessário multiplicar o termo  $a_1$  por 9 fatores e também  $a_1$  por  $(n - 1)$  fatores.

Conclui-se a explicação demonstrando a expressão que permite encontrar  $a_n$  utilizando o primeiro termo e a razão, sendo esta denominada termo geral:

$$\mathbf{a_n = a_1 \cdot (q)^{n-1}, \text{ com } n \geq 1}$$

Em que  $a_n$  é o termo geral,  $n$  é o número de termos,  $a_1$  é o primeiro termo e  $q$  é a razão.

#### 4ª AULA

Para formalizar o conceito de progressão geométrica inicialmente propus uma conexão de ideias, discorrendo sobre o tema *fake news*, associando-o a uma vivência real no nosso contexto escolar. Lembrou-se que a escola foi vítima recentemente de uma *fake news* (disseminação de grandes quantidades de notícias falsas e de forma virtual), o que provocou prejuízos aos estudantes, professores e demais profissionais do contexto escolar. Fez-se então a seguinte suposição: Vamos imaginar que uma pessoa compartilhe uma notícia com quatro amigos e que cada um deles compartilhe essa mesma notícia, algum tempo após recebê-la, com outros quatro amigos. Considerando que esse padrão se repita dia após dia e as pessoas recebam a notícia apenas uma vez e não a enviem para mais de quatro amigos, qual seria a sequência numérica formada ao longo de uma semana? (ANDRADE, 2020. *Questão Adaptada*).

Os estudantes apresentaram então as seguintes respostas (4, 16, 64, 256, 1024, 4096, 16.384).

Então foi proposto que construíssem o esquema de forma algébrica:

$$a_1 = 4$$

$$a_2 = 4 \cdot (4)^1$$

$$a_3 = 4 \cdot (4)^2$$

$$a_4 = 4 \cdot (4)^3$$

.

.

.

$$a_7 = 4 \cdot (4)^6$$

$$a_n = a_1 \cdot (4)^{n-1}, \quad n \geq 1$$

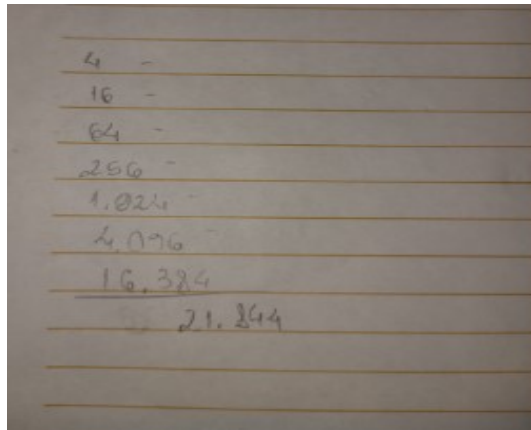
Em seguida, foi explicado que as duas sequências citadas anteriormente possuíam um mesmo padrão matemático, caracterizando uma PG.

A seguir propôs-se uma outra questão: Considerando que o padrão na atividade anterior se repetisse dia após dia e as pessoas recebessem a notícia apenas uma vez e não a enviassem para mais de quatro amigos, qual seria o total de pessoas que receberiam a notícia ao final de uma semana?

Os estudantes pediram alguns minutos para esquematizarem a questão. Em seguida, mostram as suas respostas argumentando que se a primeira pessoa compartilhou a notícia com quatro amigos, esses quatro compartilharam com outros quatro, resultando em um total de dezesseis e assim por diante. E, ao final de uma semana, o número total de pessoas que receberiam a notícia seria de 21.844.

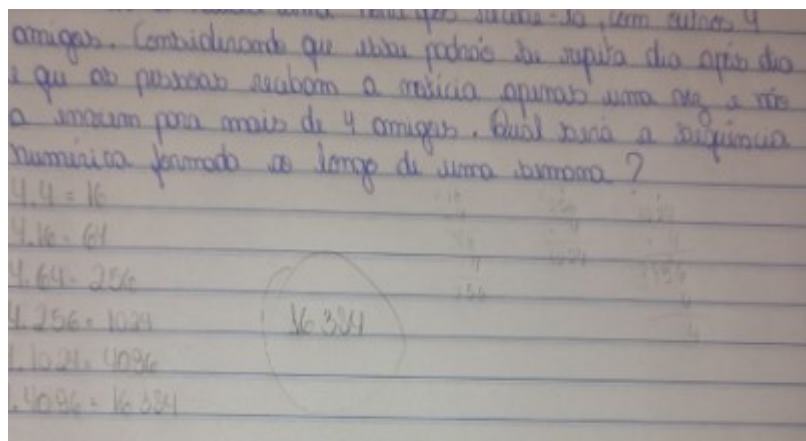
E quando questionados quanto à forma utilizada para chegarem à resposta final, logo responderam que foram somando um a um os termos da sequência. As imagens das Figuras 19, 20 e 21 mostram as resoluções feitas por três grupos diferentes de estudantes.

**Figura 19** – Atividade resolvida pelos estudantes



**Fonte:** Acervo da pesquisadora.

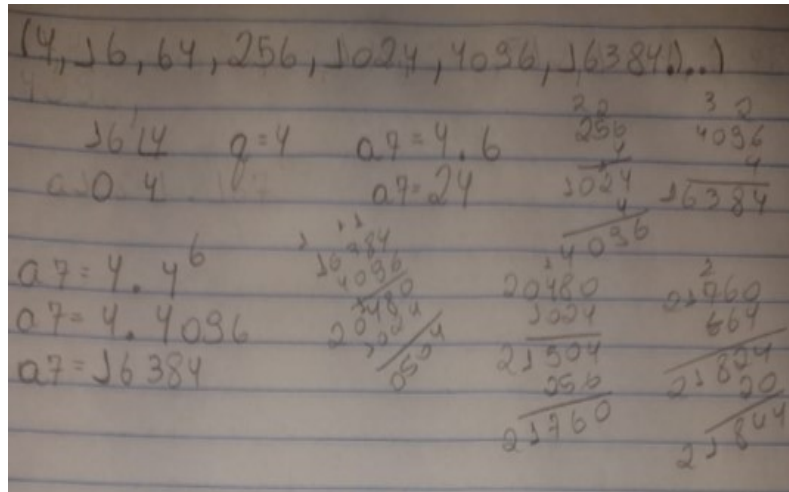
**Figura 20** – Atividade resolvida pelos estudantes



**Fonte:** Acervo da pesquisadora.



**Figura 21** – Atividade resolvida pelos estudantes



Fonte: Acervo da pesquisadora.

Ao final os estudantes ficaram surpresos com o número alto atingido com a replicação da notícia e a aula foi encerrada com um alerta sobre a importância da não disseminação de notícias não confiáveis.

## 5ª AULA

Nesta aula foi retomado o modelo estudado anteriormente, para que os estudantes conseguissem associar o exemplo da aula anterior e a soma residual dos medicamentos. A Tabela 2 permitiu explicar aos estudantes como encontrar o acúmulo residual do medicamento no organismo ao final do tratamento:

Seja  $T$  é o total em miligramas da quantidade de medicamento que permanece no organismo a partir da 1ª dose, à medida que o número de meias-vidas ocorre, que é a soma dos valores das colunas da Tabela 2.

Considere:

$$T(0) = 600 = a_1$$

$$T(1) = a_1 + \frac{1}{2}a_1 = a_1 \left(1 + \frac{1}{2}\right);$$

$$T(2) = a_1 + \frac{1}{2}T(1) = a_1 + \frac{1}{2} \left[ a_1 + \frac{1}{2}a_1 \right] = a_1 \left[ 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} \right];$$

$$T(3) = a_1 + \frac{1}{2}T(2) = a_1 + \frac{1}{2}a_1 \left[ 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} \right] = a_1 \left[ 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} \right];$$

·  
·  
·

$$T(9) = a_1 \left[ 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \dots + \frac{1}{2^9} \right].$$

Sendo  $a_{10} = T(9)$ , tem-se:

$$a_{10} = a_1 \left[ 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \dots + \frac{1}{2^9} \right].$$

Foi esclarecido ainda que poderiam chegar à quantidade total de doses ingeridas adicionando termo a termo conforme fizeram no exemplo das *fake news*, porém pode ser muito trabalhoso como perceberam no modelo. Assim, utilizou-se uma fórmula que possibilitasse obter o resultado de uma maneira mais simples, generalizando a soma feita anteriormente: Ao considerar uma  $PG = (a_1, a_1 \cdot q, a_1 \cdot q^2, \dots, a_1 \cdot q_{n-1})$  finita em que o primeiro termo seja  $a_1$  e a razão  $q$ :

$$S_n = a_1 + a_1 \cdot q + a_1 \cdot q^2 + \dots + a_1 \cdot q^{n-1}$$

$$S_n = a_1 (1 + q + q^2 + \dots + q^{n-1}) \quad (6)$$

Multiplicando a equação (6) pela razão  $q$  obtém-se

$$S_n \cdot q = a_1 (q + q^2 + \dots + q^n) \quad (7)$$

Subtraindo (6) - (7)

$$S_n - S_n \cdot q = a_1 (1 + q + q^2 + \dots + q^{n-1}) - a_1 (q + q^2 + \dots + q^n)$$

$$S_n (1 - q) = a_1 (1 - q^n)$$

$$S_n = \frac{a_1 (1 - q^n)}{1 - q}. \quad (8)$$

$$\text{De acordo com o modelo: } a_{10} = a_1 \left[ 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \dots + \frac{1}{2^9} \right] \quad (9)$$

Substituindo  $a_1 = 600$  e  $q = \frac{1}{2}$ , tem-se:

$$S_n = 600 \cdot \frac{\left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^n\right)}{1 - \frac{1}{2}}. \quad (10)$$

## 6ª AULA

Nesta aula propôs-se aos estudantes que formassem grupos para responderem a uma questão proposta, similar à do Enem e adaptada ao modelo estudado. Inicialmente, fez-se uma breve explicação sobre a superdosagem, esclarecendo que se trata da superação da dosagem limite para um medicamento. Dessa forma, os estudantes deveriam calcular a quantidade residual de medicamento capaz de oferecer riscos ao paciente, descobrindo também o tempo em que isso aconteceria.

Questão 158 (Enem – 2011 – adaptada) - Os medicamentos, imediatamente após a ingestão, começam a ser metabolizados pelo organismo, o que faz com que sua concentração no sangue diminua gradualmente, num processo denominado decaimento. Denomina-se meia-vida de uma substância o tempo necessário para que o teor dessa substância no sangue se reduza à metade do valor inicial. Considere a situação em que um médico prescreveu a um paciente uma dosagem de 600 mg de um medicamento cuja meia-vida é 8 horas, com recomendação de tomar um comprimido a cada 8 horas, durante 4 dias. Para esse medicamento, considera-se superdosagem um teor superior a 1200 mg, causando riscos de intoxicação caso seja ultrapassado. Apressado em recuperar-se o paciente sugeriu ao médico que mudasse a prescrição aumentando a dose para 800 mg imaginando que assim reduziria o tempo de tratamento. O médico explicou ao paciente, que caso aumentasse as doses, o paciente correria o risco de estar intoxicado em:

- a) 16 horas.                      b) 24 horas.                      c) 32 horas.                      d) 40 horas.

Os estudantes dividiram-se em 5 grupos para resolverem a questão e tiveram liberdade para resolverem utilizando o método que acreditavam ser o melhor. Quando já tinham terminado, foi solicitado que um representante de cada grupo desse a resposta e explicasse a maneira como chegaram à resposta e todos utilizaram a fórmula e a Tabela 3. Em seguida, foram apresentadas 3 possibilidades de resolução, conforme se pode observar a seguir: Tabela 3 ( em que é apresentado o acúmulo residual do medicamento no organismo), Figura 22 e expressão (8).

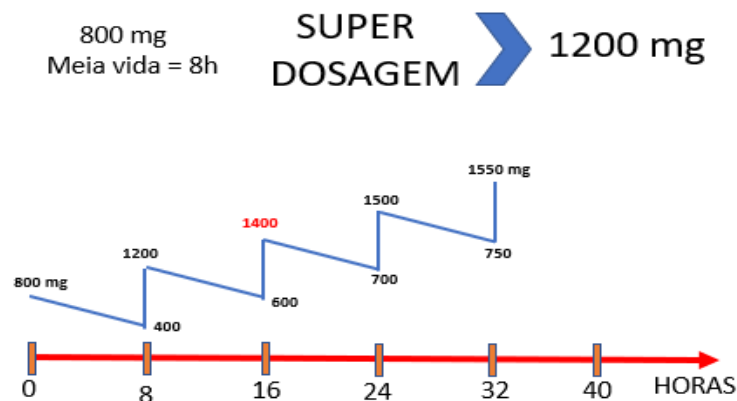
**Tabela 3** – Acúmulo residual do medicamento no organismo em função da dose em intervalos de 8 horas

| dose    | Tempo (horas) | Quantidade no organismo(mg) |
|---------|---------------|-----------------------------|
| 1ª dose | 0             | 800                         |
| 2ª dose | 8             | 400 + 800                   |
| 3ª dose | 16            | 600 + 800                   |

Fonte: Elaborado pela pesquisadora.

De acordo com a Tabela 3 a 3ª dose é tomada pelo indivíduo após 16 h do início do tratamento, portanto dentro de 16 horas ele corre o risco de estar intoxicado.

**Figura 22** – Gráfico horas da dosagem.



Fonte: Adaptado pela pesquisadora a partir do gráfico disponível em: <https://youtu.be/4gCIzIBW20A?si=j6hrKUuFZstbE8xh>.

Calculando-se a soma da PG pela expressão (8) determina-se  $S_3$  dada por:

$$S_3 = \frac{(800) \cdot [1 - (1/2)^3]}{1 - (1/2)} = \frac{(800) \cdot [1 - 0,125]}{(1/2)} = (1600) \cdot (0,875) = 1400 \quad (1400 > 1200).$$

Nesse caso, como a dose do medicamento aumentou, ocorreu um aumento do risco de intoxicação e por isso devem se atentar ao modelo em estudo, quando a dose inicial era de 600mg, o risco de intoxicação aconteceu após a 11ª dose, já a dose ministrada sendo de 800mg o risco de intoxicação passou a ser após a 3ª dose.

## 7ª AULA (Interdisciplinar – Experimento Químico)

Nesta aula foi realizada uma atividade interdisciplinar entre as áreas Matemática e Química e o objetivo foi o de demonstrar aos estudantes, por meio de um experimento químico realizado em aula prática, a representação da intoxicação medicamentosa no organismo humano, por isso foram utilizadas substâncias que produzem cores.

Essa atividade contou com a colaboração da professora de Química, Virgínia Cunha da Silva, parceria que auxiliou na realização do experimento. Cabe ressaltar que ela já havia trabalhado com os estudantes o conceito de Titulação (veja no Apêndice – 7ª aula) para que os estudantes compreendessem o processo químico e as reações nele envolvidas. Ao elaborar a atividade a professora Virgínia e a pesquisadora optaram pelo laboratório de química da escola, porém o número de alunos na turma é grande e não caberia no referido espaço. Outro fato é que o experimento libera gases. Assim, decidiu-se pela aula prática ao ar livre, na pracinha da biblioteca.

Os estudantes precisaram anotar todos os dados: material utilizado, reagentes e procedimento experimental vez que fariam um relato da experiência. Inicialmente, recordou-se o modelo proposto e, retomando a Tabela 2, tratou-se de meia-vida, o acúmulo residual e a intoxicação devido a este acúmulo residual.

Foi proposto que algum deles explicasse o que era a meia-vida e como funcionava o processo de decaimento e uma das estudantes prontamente lembrou estes conceitos. Após esse momento, a professora Virgínia deu início ao procedimento experimental. Iniciou explicando os nomes dos componentes e materiais que seriam utilizados; na sequência, utilizou uma proveta para medir 5 ml de amônia; em seguida, com o auxílio de uma haste de vidro colocou a amônia dentro do *Becker*; utilizando a pipeta graduada acrescentou 1 ml de fenolftaleína à amônia. Os estudantes puderam perceber que a solução da amônia ficou imediatamente com uma coloração rosa ao entrar em contato com a fenolftaleína. A professora Virgínia explicou aos estudantes, fazendo uma analogia ao modelo farmacocinético em estudo, que esta fase em que a experiência emitiu a cor rosa, representava a primeira vez em que o medicamento foi administrado.

Continuando o experimento, outra proveta foi utilizada para medir 4 ml de vinagre, o qual foi acrescentado aos poucos à solução e os estudantes observaram então que a solução clareou gradativamente. A professora explicou que isso aconteceu devido a reação de neutralização, representando o decaimento da concentração do medicamento no plasma sanguíneo, a meia-vida. Demonstrou que o tom rosa ficou mais claro, porém não clareou totalmente porque ainda

existia resíduo de medicamento no organismo, pois foram acrescentados apenas 4 ml de vinagre à solução e, caso acrescentasse 5ml, a solução ficaria incolor. Em seguida, ela acrescentou novamente 1 ml de fenolftaleína à amônia, utilizando a pipeta.

Os estudantes constataram que a solução retomou a coloração rosa vista no início do experimento, assim foi explicado aos estudantes que esta etapa representa a administração da 2ª dose do medicamento. Em seguida, acrescentou o vinagre simulando o decaimento e, na terceira vez em que a fenolftaleína foi acrescentada, os estudantes puderam observar uma tonalidade de rosa mais forte que nas etapas anteriores. Explicou-se então que nesse momento o organismo atingiu o seu nível máximo de saturação do fármaco, indicando intoxicação, devido ao acúmulo residual ocorrido durante o processo.

Ao final do experimento, os estudantes foram informados que esta atividade já havia sido postada na plataforma *Classroom* e um modelo de relatório anexo para que pudessem seguir. Os estudantes produziram os relatos e enviaram pelo *Classroom* em arquivo PDF para a avaliação.

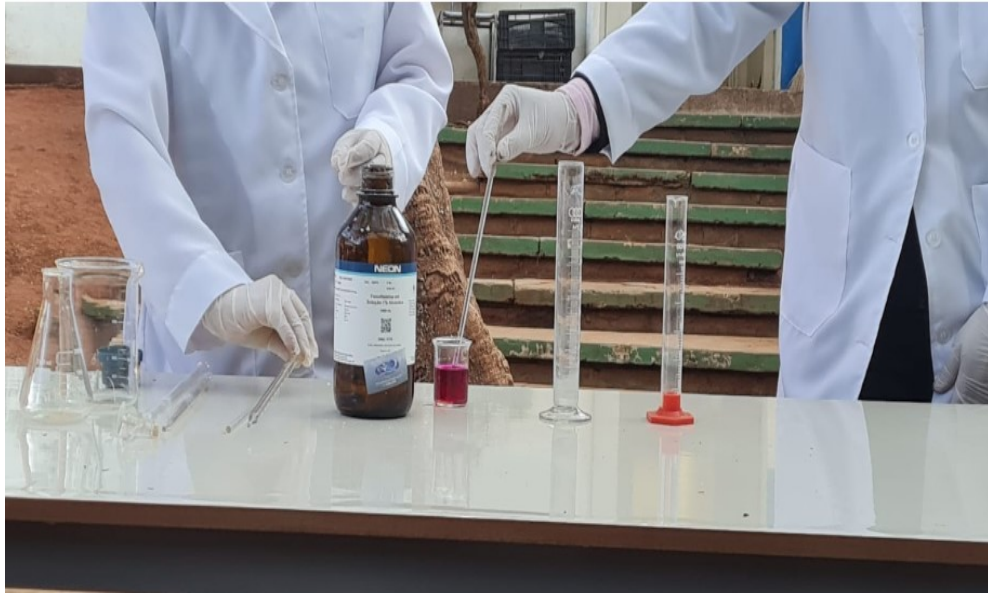
As Figuras 23, 24 e 25 mostram a realização do experimento químico na praça da biblioteca conduzido pelas professoras. Alguns estudantes relataram que o experimento colaborou para o aprendizado de química e matemática, pois aulas práticas, em geral, não ocorrem e a experiência de vivenciar o estudo de duas disciplinas simultaneamente é uma novidade.

**Figura 23** – Atividade interdisciplinar – experimento químico



**Fonte:** Foto acervo da pesquisadora.

**Figura 24** – Atividade interdisciplinar – experimento químico



**Fonte:** Foto acervo da pesquisadora.

**Figura 25** – Atividade interdisciplinar – experimento químico



**Fonte:** Foto acervo da pesquisadora.

## 8ª AULA

Nesta aula foi revisado com os estudantes os conceitos de conjuntos e para que pudessem compreender o conceito, identificá-lo e representá-lo estabelecendo relações de pertinência e inclusão entre os conjuntos e seus elementos, houve proposições contextualizadas.

Em seguida, deu-se ênfase às operações relacionadas aos conjuntos, fazendo articulações com a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, associando esse conceito ao estudo do sistema de grupos sanguíneos (ABO). A compreensão dos conjuntos clássicos facilita o estudo da teoria de conjuntos *fuzzy*. Outro motivo para revisar os conjuntos clássicos é que este conteúdo foi ministrado no 1º ano de forma remota devido à Pandemia do Covid 19. Logo, muitos não lembravam ou não aprenderam.

Foi inquirido sobre o significado da palavra conjunto e alguns responderam que eram coleções, outros que era uma associação de coisas ou objetos. Também foram questionados sobre haver entre eles algum colecionador e a resposta foi positiva. O estudante J respondeu que colecionava motos em miniaturas separando-as por estilos: esportivas, casuais e off roads. O estudante PC disse que colecionava carros em miniatura e sua coleção era organizada por modelos clássicos, esportivos, *off roads* e por data de fabricação. A estudante B colecionava Mangás organizando suas coleções por gêneros e volumes e o estudante M colecionava livros de ficção de uma mesma autora.

Abordou-se, a partir do conhecimento prévio dos estudantes, o conceito de conjuntos explicando que poderiam ser coleções conforme exemplificado por eles, sendo que os elementos poderiam ser: objetos, lugares, estudantes, animais, números, dentre outros. Foi proposta, então a formação de alguns exemplos de conjuntos:

Conjunto dos divisores naturais de 10:

$$A = \{1,2,5,10\}.$$

Conjunto dos estudantes desta turma 2º A:

$$B = \{A, A J, A K, A L, \dots, Y\}$$

Conjunto dos estudantes desta turma que praticam esportes regularmente:

$$C = \{M V, M, P, W\}$$

Conjunto dos múltiplos de 5:

$$D = \{0,5,10,15,20,25,30,35 \dots\}.$$

Os exemplos anteriores permitiram distinguir conjuntos finitos e infinitos. O conjunto B contempla os conjuntos de estudantes que formam o 2º ano A, sabendo que essa sala era composta por 42 estudantes, o que limitava o número de elementos do conjunto, assim foi possível contá-los. O mesmo ocorria nos conjuntos A e C, já no conjunto D existiam infinitos elementos sendo impossível quantificá-los.



Na sequência foi tratado sobre os elementos de um conjunto, os quais podem ser apresentados por uma condição ou por uma lei de formação que o define como no exemplo a seguir:

$E = \{x/x \text{ é um número primo maior do que } 11 \text{ e menor do que } 20\}$ . Neste caso,  
 $E = \{11,13,17,19\}$ .

Considerando o conjunto A apresentado no exemplo anterior, pode-se afirmar que qualquer estudante do 2º A pertencia ao conjunto A, mas os estudantes do 2º B não pertenciam ao conjunto A. Foram retomados os exemplos dados pelos estudantes e mostrada que a pertinência é responsável por um elemento fazer ou não parte de determinado conjunto. As motos esportivas do J, por exemplo, não poderiam pertencer ao conjunto de motos casuais, justamente por se tratar de um modelo diverso desse conjunto.

Posteriormente, foram destacadas as características dos conjuntos procurando entre os estudantes aquelas que poderiam ajudar em suas definições. Para explicar o Conjunto Unitário investigou-se quantos estudantes na turma 2º A tinham irmãos e a maioria dos estudantes levantaram a mão. Então, para que o conjunto fosse unitário ele deveria ter apenas um elemento. Em seguida, arguiu-se quantos estudantes da turma 2º A tinham irmãos gêmeos e apenas uma estudante disse ter irmã gêmea, portanto esse conjunto formado por apenas essa estudante gêmea era um conjunto unitário.

Na sequência, a indagação foi quanto a serem doadores de sangue e eles responderam que nenhum deles, pois não tinham idade para tal. Assim, inferiu-se que o conjunto que não tinha nenhum elemento, logo era um Conjunto Vazio. Aproveitando a oportunidade, foi esclarecido que a doação de sangue se iniciava a partir dos 16 anos, porém eles precisariam de maiores informações sobre esse assunto.

Também foi explicado sobre o Conjunto Universo U, como sendo aquele mais amplo ao considerar todos os elementos envolvidos em determinado estudo. Quando questionados sobre o fato do estudo ser relativo aos estudantes de 2º ano desta escola, qual seria então o nosso Conjunto Universo, os estudantes responderam serem as turmas de segundo ano e surgiu uma dúvida entre eles. Será que deveriam considerar o segundo ano do turno da tarde?

Foi esclarecido que essa turma de 2º ano fazia parte assim como todos os outros conjuntos de turmas de segundos anos desta escola, portanto deveria ser considerada. Então chegaram à conclusão que o Conjunto Universo envolve as turmas dos segundos: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J e K (do turno vespertino).

Para explicar a relação de inclusão fez-se a seguinte pergunta: Quantas pessoas nesta turma têm o nome iniciado com a letra A? A resposta corresponde a seis.

Então, se for considerado o conjunto A como o conjunto de estudantes com o nome iniciando com a letra A e o conjunto B como o conjunto de estudantes do segundo ano A poderia então afirmar que A é subconjunto de B.

Para explicar as operações com conjuntos foi necessário abordar o estudo dos tipos sanguíneos dos seres humanos (sistema ABO); de início, houve uma breve explanação sobre a importância e as diferentes funções exercidas pelo sangue no organismo humano; também que os tipos sanguíneos são classificados de acordo com os antígenos presentes nas membranas das hemácias. Para que os estudantes compreendessem o sistema ABO, por meio de um esquema, foi disposto o diagrama de Venn e os tipos sanguíneos a partir dos seus antígenos. Em seguida, foi percorrido sobre cada tipo sanguíneo e os antígenos correspondentes:

O tipo A apresenta somente o antígeno A;

O tipo B apresenta somente o antígeno B;

O tipo AB apresenta antígenos A e B;

O tipo O não apresenta antígenos.

Ficaram cientes que uma pessoa do tipo A possui anticorpos Anti-B, não podendo receber sangue com antígenos diferentes daqueles que são encontrados em suas hemácias.

Após inquirir se sabiam qual o tipo sanguíneo, teve início a explicação sobre operações de conjuntos. Com a construção de diagramas de Venn foi possível apresentar a união, intersecção e a diferença entre os conjuntos de forma contextualizada. Ao final foi solicitado aos estudantes que construíssem um quadro com os nomes deles para que pudessem observar quem poderia doar sangue para quem e quem poderia receber sangue de quem de acordo a tipagem sanguínea. O encerramento da aula priorizou enfatizar um pouco mais sobre a importância da doação de sangue, inclusive destacando o site da Fundação Hemominas (<https://www.hemominas.mg.gov.br>) para maiores orientações sobre a doação.

## 9ª AULA

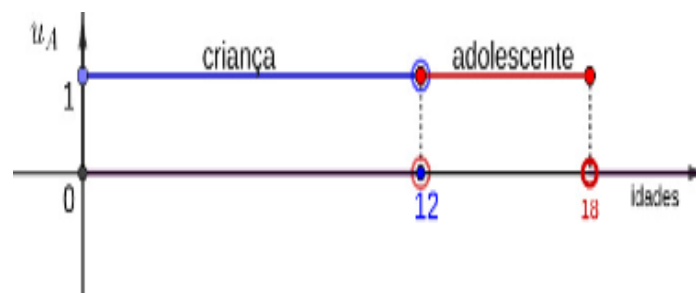
Nesta aula os estudantes tiveram a oportunidade de saber a definição de conjuntos *fuzzy* para estudo da velocidade de eliminação de medicamentos pelo organismo humano. Para uma melhor compreensão sobre o assunto foi preciso abordar a teoria clássica em que os conjuntos são conhecidos por "*crisp*" (termo oriundo da palavra inglesa *crispness*, ou seja definido, certo, preciso. Ainda levando-se em consideração a pertinência de um elemento em relação a um

conjunto, isto é, o elemento pertence ao conjunto ou não pertence, conforme o que foi trabalhado na aula anterior. Assim, a função característica dos conjuntos clássicos é 1 se o elemento pertence ao conjunto e 0 se o elemento não pertence. Note que o conjunto clássico  $A$  de  $U$  tem a função característica de  $A$ , dada por:

$$u_A : U \rightarrow \{0, 1\}; \quad u_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \in A \\ 0, & \text{se } x \notin A. \end{cases}$$

A seguinte afirmativa foi feita aos estudantes: De acordo com o ECA (Estatuto da Criança e do Adolescente), Art. 2º, considera-se criança, para os efeitos desta Lei, a pessoa com até doze anos de idade incompletos, e adolescente entre doze e dezoito anos de idade. Os gráficos da Figura 26 representam as funções características dos conjuntos da criança e do adolescente, de acordo com o ECA.

**Figura 26** – Funções características dos conjuntos da criança e do adolescente



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora utilizando o *software* livre *Geogebra*.

Os estudantes foram arguidos quanto:

- A) Pode-se considerar uma pessoa de 11 anos e 9 meses um adolescente?
- B) E uma pessoa de 12 anos e um mês pode ser considerada ainda criança?
- C) E um adolescente de 17 anos e 11 meses está mais para jovem do que para adolescente?

Os estudantes ficaram divididos em suas opiniões. Em seguida as respostas de alguns grupos foram verificadas:

1º Grupo:

Resposta A: “Não, pois de acordo com o Artigo 2º do ECA, a pessoa com 11 anos e 9 meses ainda é criança.”

Resposta B: “Não, pois de acordo com a lei, a pessoa com 12 anos e 1 mês já é adolescente.”

Resposta C: “Não, pois de acordo com a lei, a pessoa com 17 anos e 11 meses, ainda é adolescente.”

## 2º Grupo:

Resposta A: “Não, pois com o sistema de conjuntos clássicos o indivíduo é ou não é adolescente, portanto uma pessoa de 11 anos e 9 meses ainda é uma criança pelo fato de não ter 12 anos completos.”

Resposta B: “Entretanto, uma pessoa de 12 anos e 1 mês pode ainda ser considerada criança aos olhos humanos, mas devido a lei e aos conjuntos clássicos, ela já é considerada adolescente.”

Resposta C: “Uma pessoa de 17 anos estaria mais para adolescente mesmo que complete 18 nos próximos meses, mas novamente aos olhos da lei e dos conjuntos clássicos, ao completar 18 ele já seria jovem.”

## 3º Grupo:

Resposta A: “Sim, uma pessoa de 11 anos e 9 meses é um adolescente, dependendo do seu desenvolvimento.”

Resposta B: “Sim, 12 anos e 1 mês também pode ser considerada criança, por não ter amadurecido ainda.”

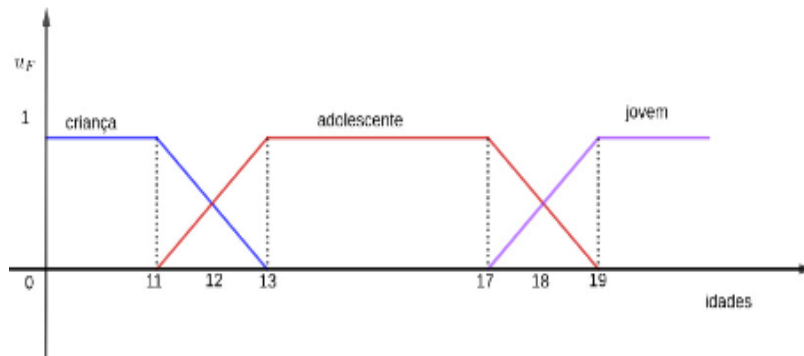
Resposta C: “Uma adolescente de 17 anos e 11 meses já pode se considerar jovem, por já estar a um passo da juventude.”

## 4º Grupo:

Resposta única para questões A,B,C: “De acordo com o ECA, uma pessoa de 11 anos e 9 meses não pode ser considerada adolescente, assim como uma pessoa de 12 anos e 1 mês não pode ser considerada criança e um adolescente de 17 anos e 9 meses não pode ser considerado jovem. Porém, física e mentalmente, podem ser considerados, dependendo da situação.”

Com base nas respostas dos estudantes à pergunta anterior é apresentado os gráficos da Figura 27. Posteriormente questionou-se quanto a estar mais adequados às respostas dadas por eles anteriormente.

**Figura 27** – Funções de pertinência dos conjuntos da criança e do adolescente



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora utilizando o *software* livre *Geogebra*.

Os estudantes responderam que o gráfico da Figura 27 responderia melhor a pergunta inicial, pois essa pergunta levanta questões biológicas, logo não seria possível respondê-las apenas com sim ou não, ou com valores precisos.

Depois desta motivação, foi definido conjuntos *fuzzy*. Retomando o modelo estudado anteriormente, considera-se a eliminação dos fármacos no organismo humano através dos rins e da urina. Também foram informados que a velocidade de eliminação dos fármacos depende da função renal, variando de indivíduo para indivíduo.

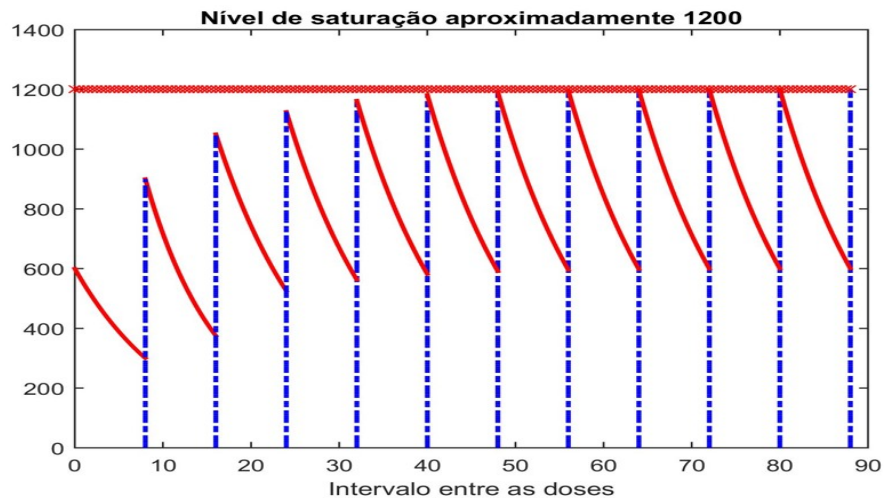
Assim, propôs-se aos estudantes que calculassem a somatória residual da meia-vida a partir da equação (8),  $S_{10}$  e  $S_{11}$  e eles conseguiram obter os seguintes resultados  $S_{10} = 1198,828125$  e  $S_{11} = 1199,4140625$ .

Em seguida fez-se o questionamento: Analisando esses valores o que podemos deduzir? Após os cálculos realizados os estudantes responderam que esses valores são indicadores de que os níveis de equilíbrio estão sendo atingidos pelo fármaco.

Advertiu-se que é preciso compreender: após a administração de dosagens precisas seguindo intervalos regulares, a concentração do fármaco no organismo atinge níveis de equilíbrio, sendo esse valor relevante, pois trata-se da concentração máxima do fármaco suportada pelo organismo, também chamada de saturação máxima.

No modelo apresentado pode-se então concluir que a concentração máxima ( $y_s$ ) atingida pelo fármaco é de aproximadamente 1200mg como se observa no seguinte gráfico da Figura 28. Este gráfico foi elaborado a partir do modelo matemático apresentado na equação (2), considerando  $y_s = 600$  e  $k = 0,0866$  e as doses administradas de 8 em 8 horas.

**Figura 28** – Nível de saturação



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora.

Observa-se a Modelagem Matemática da soma residual das meias-vidas do indivíduo. Quando o indivíduo ingerir 11 doses aproxima-se este valor da concentração do medicamento pelo maior inteiro, 1200 mg, representando a concentração máxima. Relembrando que a meia-vida plasmática fornece índices importantes na farmacocinética para que valores terapêuticos ou tóxicos possam ser analisados, assim como a duração e formas de administração do medicamento.

Ainda foi esclarecido que a velocidade de eliminação  $k$  é um importante parâmetro para a análise dos riscos de intoxicação. Dessa forma, indivíduos com dificuldades de eliminação correm o risco de se intoxicarem em menor tempo, isso porque eliminam menos resíduos quando comparados àqueles com a velocidade de eliminação normal.

## 10ª AULA

Nesta aula foi apresentado aos estudantes o software livre *FisPro* (*Fuzzy Inference System Professional*) e, em seguida, construído o SBRF do modelo estudado. O software *FisPro* foi instalado previamente pela pesquisadora em todos os computadores do laboratório de informática para que os estudantes pudessem construir o SBRF sob as orientações da professora regente.

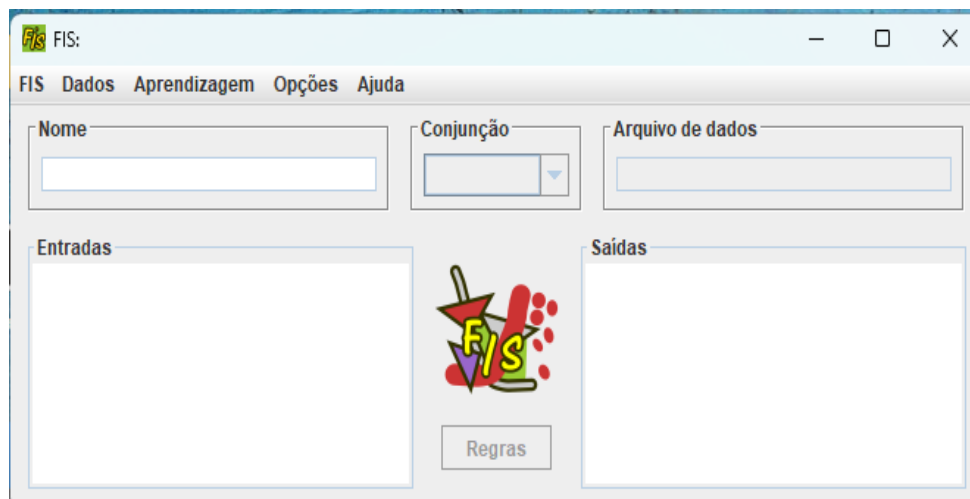
No modelo em estudo as variáveis linguísticas de entrada são: a quantidade de medicamento e a velocidade de eliminação do fármaco no organismo do indivíduo, enquanto a variável de saída é o risco de intoxicação. A variável “quantidade de medicamento” possui um domínio de 0 a 3000 mg e a variável “velocidade de eliminação” tem o domínio de 0,03 a

0,0866. O valor 0,03 é considerado no modelo a menor velocidade de eliminação de um indivíduo e o valor 0,0866 é obtido na expressão  $k = 0,693/t_{\frac{1}{2}}$ , sendo  $t_{\frac{1}{2}}$  o tempo de meia-vida do fármaco.

Os termos linguísticos das variáveis de entrada “quantidade de medicamento” são: Baixa, Média e Alta; enquanto da “velocidade de eliminação” são: Muito baixa, Baixa e Normal. O domínio da variável de saída risco de eliminação está entre 0 e 1. Os termos linguísticos do risco de intoxicação são: Baixo, Médio e Alto. As regras *fuzzy* são construídas baseadas no modelo em estudo, apresentadas na Tabela 4. A seguir, apresenta-se o passo a passo da construção do SBRF do modelo estudado e os parâmetros utilizados para calcular os possíveis riscos de intoxicação pelo organismo. Todas as etapas foram acompanhadas pelos estudantes por meio das imagens mostradas no *datashow*. Os estudantes se dividiram em duplas para construírem o SBRF.

1. Abra o *software FisPro* (Figura 29).

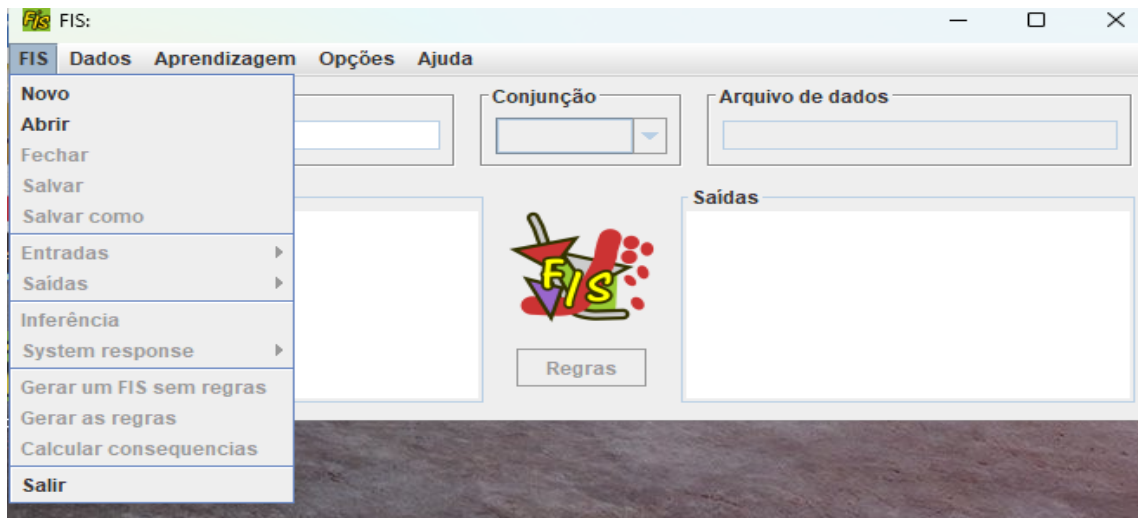
**Figura 29** – Janela inicial do *software FisPro*



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

2. Dê um clique em FIS e, na sequência, clique em Novo para criar um novo documento (Figura 30).

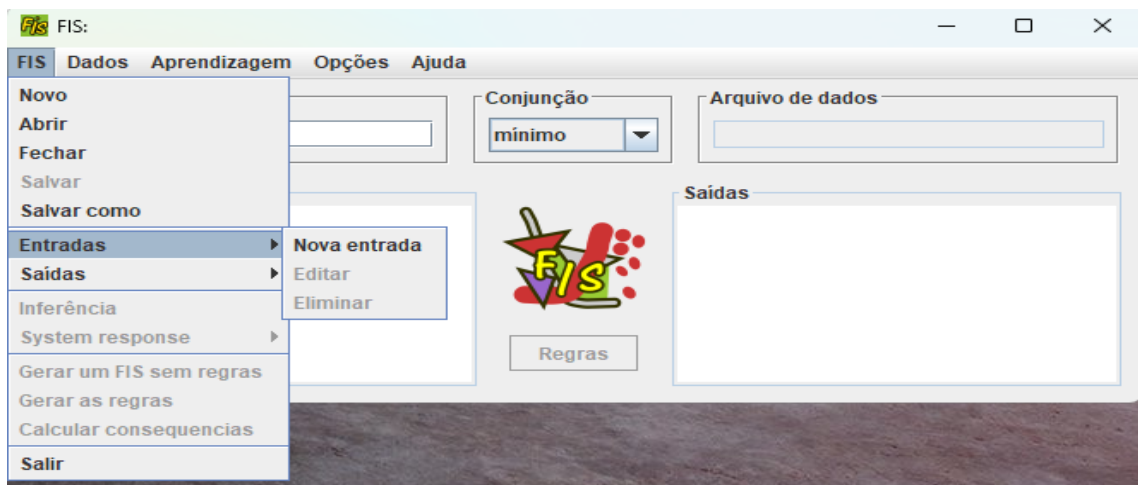
**Figura 30** – Janela do software *FisPro* para criar um novo documento



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

3. Para inserir as variáveis de entrada clique sequencialmente em: FIS – Entrada – Nova Entrada (Figura 31).

**Figura 31** – Adicionar uma nova entrada

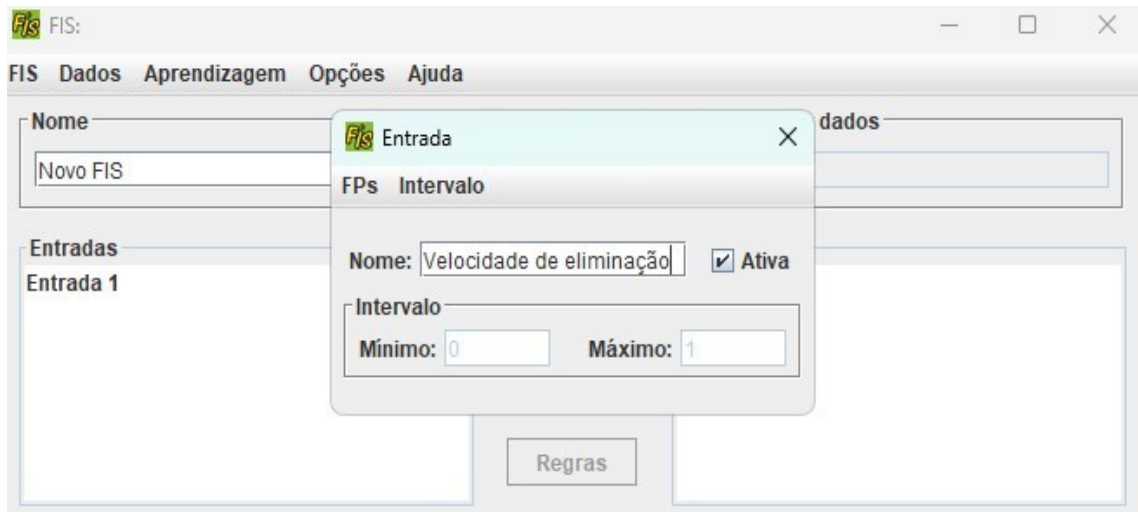


**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

4. Na janela, aberta a seguir, adicione o nome e o domínio da variável (Figura 32).



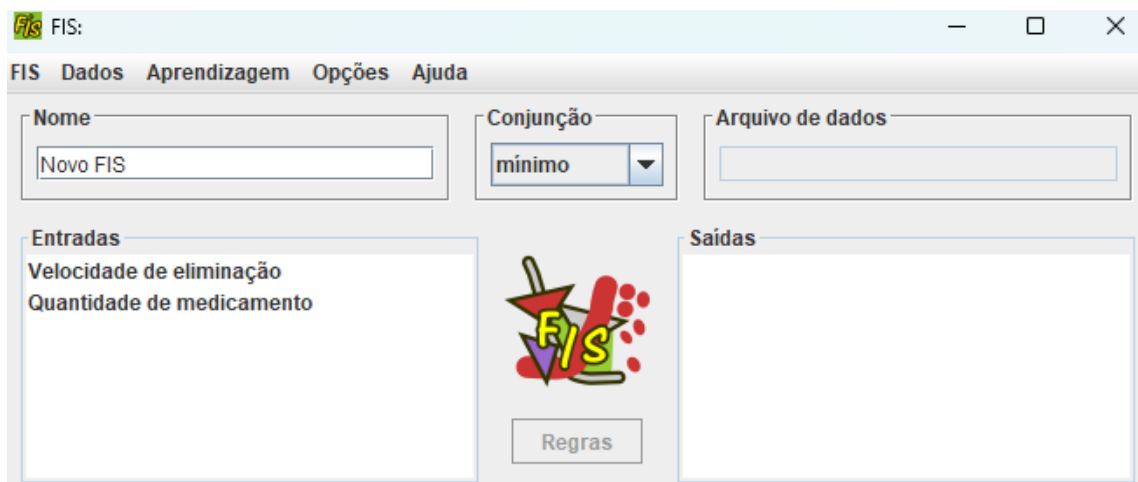
**Figura 32** – Janela do *software FisPro* para adicionar uma nova entrada.



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

5. Adicione a próxima variável de entrada do modelo em estudo ( Figura 33)

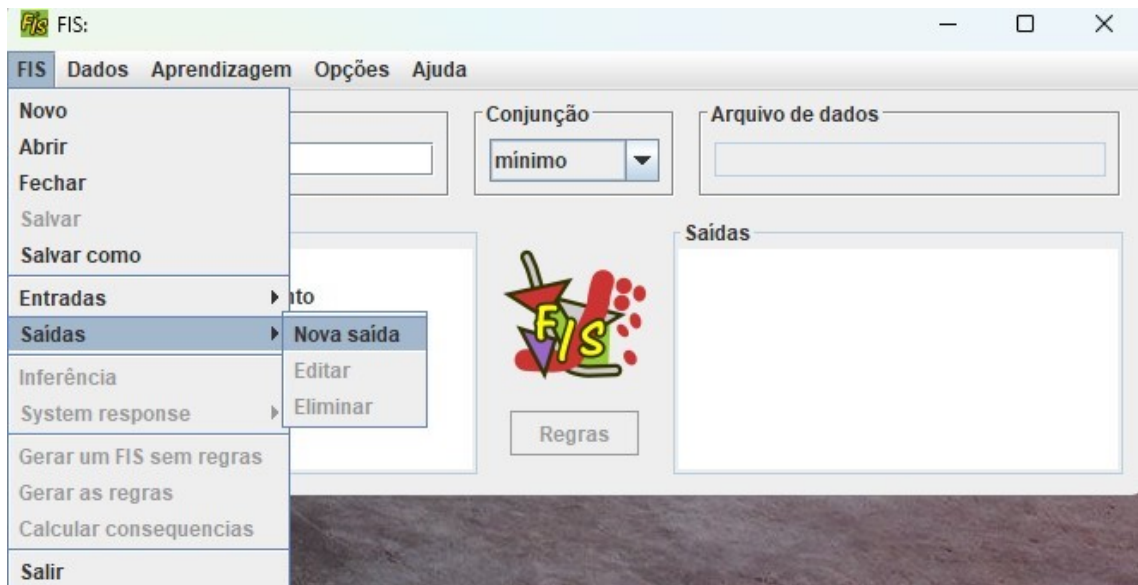
**Figura 33** – Variáveis de entrada do modelo em estudo



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

6. Adicione a variável de saída, a partir da sequência: Clique em FIS – Saídas – Adicionar saída (Figura 34).

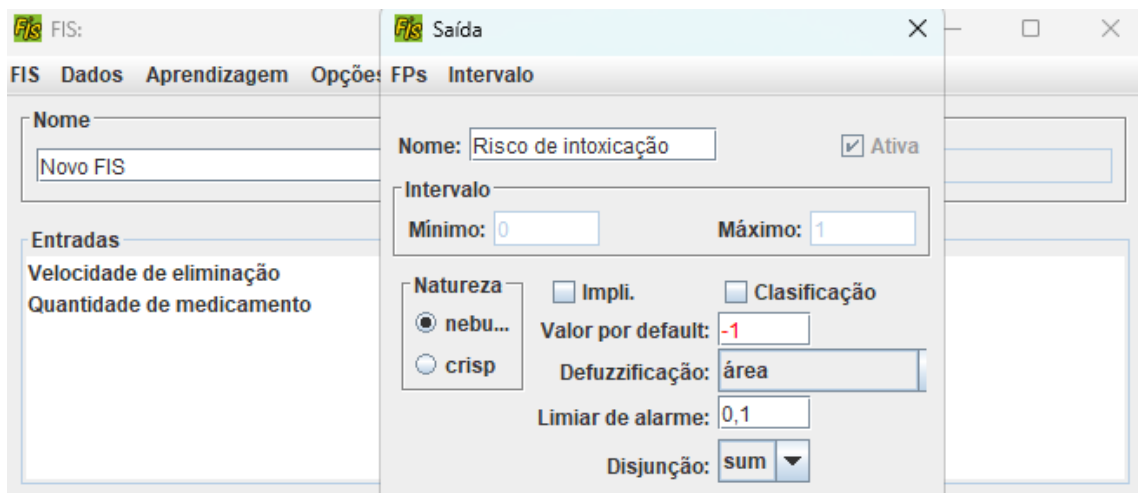
**Figura 34** – Adicionar as variáveis de saída do modelo estudo



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

7. Uma nova janela é aberta e nela adicione o nome da variável de saída, o intervalo do domínio da variável e a natureza *fuzzy* nebulosa (Figura 35).

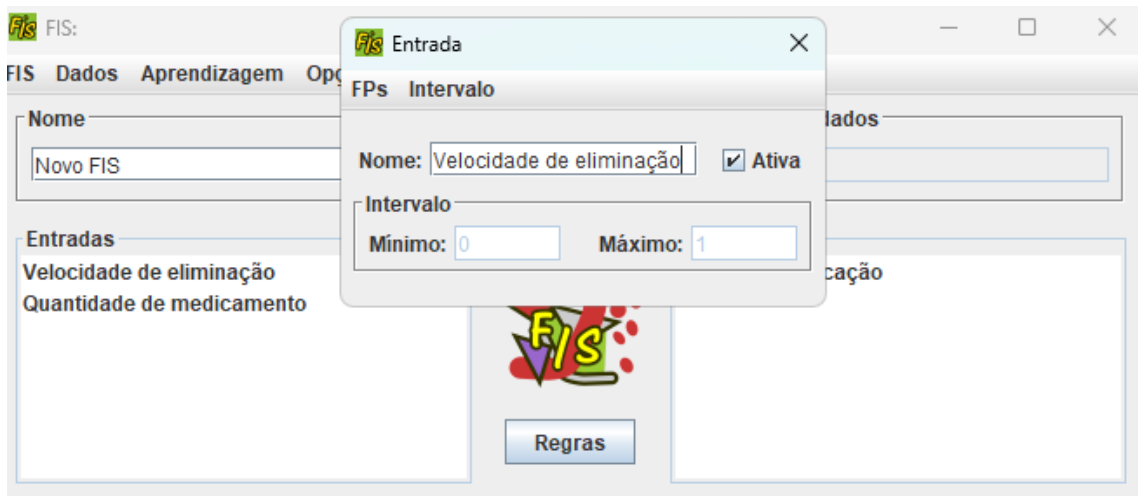
**Figura 35** – Adicionar a variável de saída do modelo em estudo



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

8. Em seguida, adicione os termos linguísticos às variáveis. Para isso, dê dois cliques sobre os nomes para que a janela de entrada se abra (Figura 36).

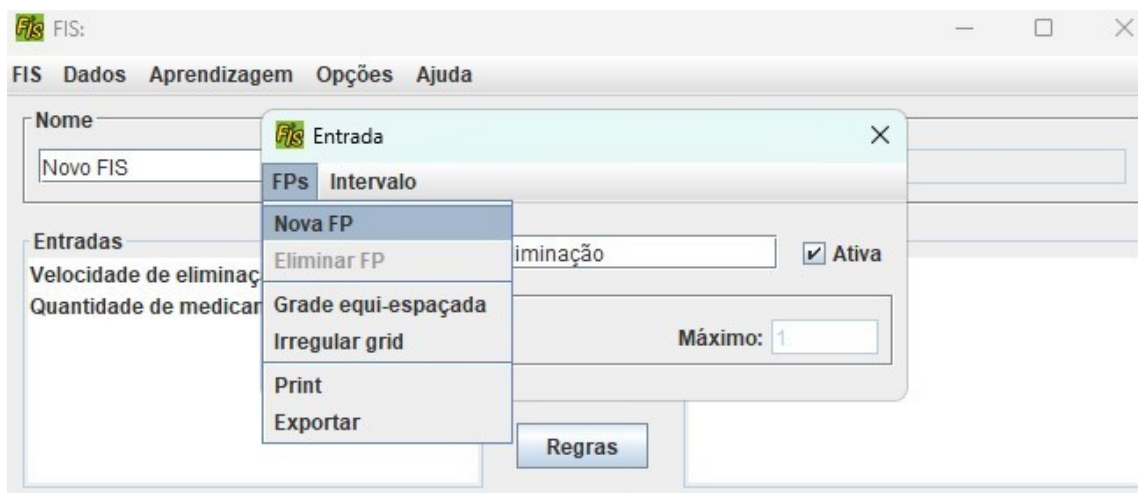
**Figura 36** – Adicionar as variáveis de saída do modelo em estudo



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

9. Para inserir os termos linguísticos clique em FPs e, em seguida, em Nova FP ( Figura 37).

**Figura 37** – Nova FP variável de entrada



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

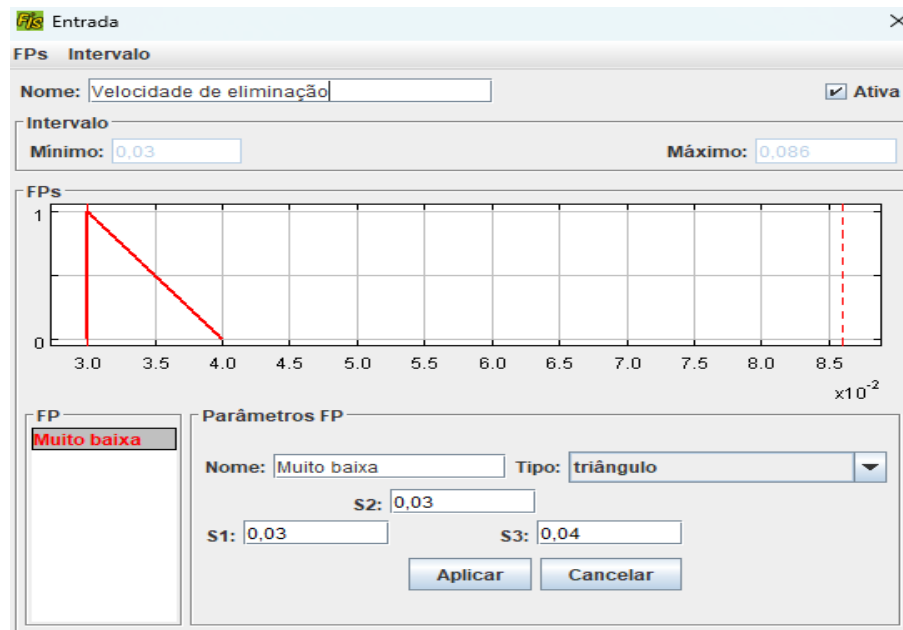
10. Insira os termos linguísticos das variáveis de entrada e saída, em seguida observe o nome da variável e o respectivo intervalo do domínio. Em FP, insira os nomes dos termos linguísticos, o tipo e os intervalos para o domínio (Figura 38).

**Figura 38** – Adicionar uma nova FP

**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

11. Clique em aplicar para abrir a janela da variável e o gráfico (Figura 39).

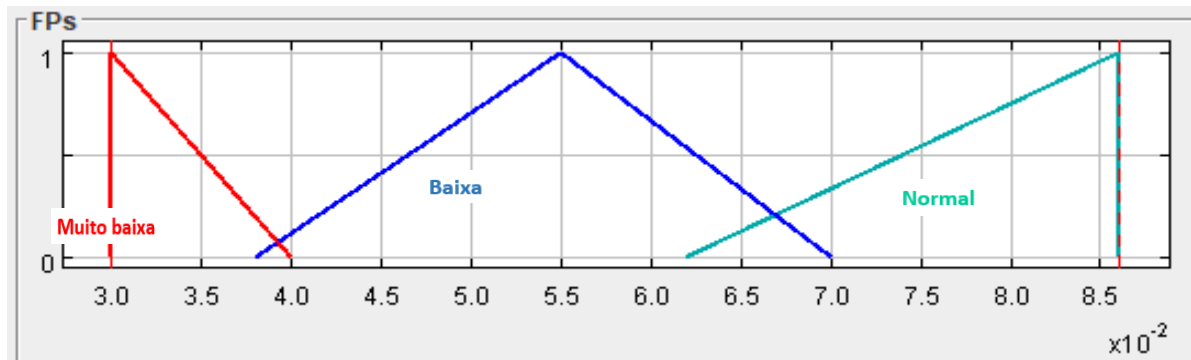
**Figura 39** – Função de pertinência da variável de entrada velocidade de eliminação.



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

12. Na Figura 40 são apresentados os gráficos das funções da variável de entrada velocidade de eliminação. Os termos linguísticos utilizados são: Muito baixa, Baixa e Normal.

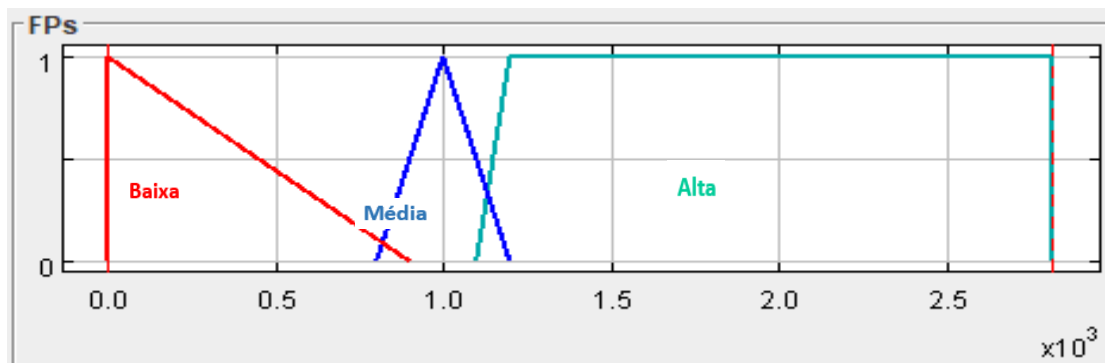
**Figura 40** – Funções de pertinência (FPs) da velocidade de eliminação



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

13. Na Figura 41 são apresentados os gráficos das funções da variável de entrada quantidade de medicamento. Os termos linguísticos são: Baixa, Média e Alta. A variável “quantidade de medicamento” possui o domínio de 0 a 3000 mg.

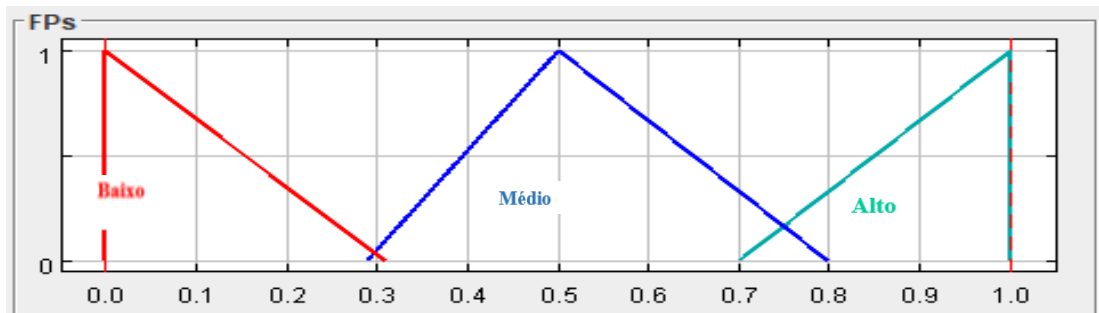
**Figura 41** – Funções de pertinência (FPs) da quantidade de medicamento em mg



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

14. A Figura 42 reserva-se os gráficos das funções de pertinência do risco de intoxicação do organismo. Os termos linguísticos do risco de intoxicação são: Baixo, Médio e Alto. O domínio da variável de saída risco de eliminação está entre 0 e 1.

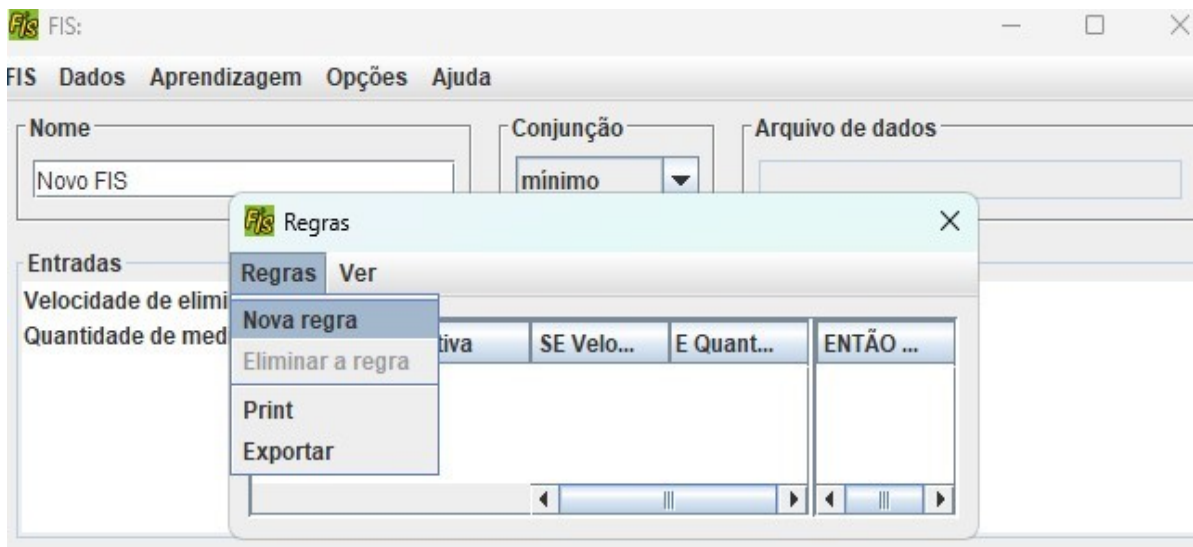
**Figura 42**– Funções de pertinência (FPs) do risco de intoxicação



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

15. Para construir a base de regras clique em Regras e, posteriormente em Nova Regra (Figura 43). Na sequência insira as possibilidades de combinação das variáveis de entrada.

**Figura 43** – Janela de Regras



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

Os estudantes controem juntamente com a professora a base de regras do modelo em estudo de acordo com a Tabela 4.

**Tabela 4** - Base de Regras *Fuzzy*

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| Quantidade de Medicamento \ Velocidade | Baixa | Média | Alta |
| Muito baixa                            | Médio | Alto  | Alto |
| Baixa                                  | Médio | Médio | Alto |
| Normal                                 | Baixo | Médio | Alto |

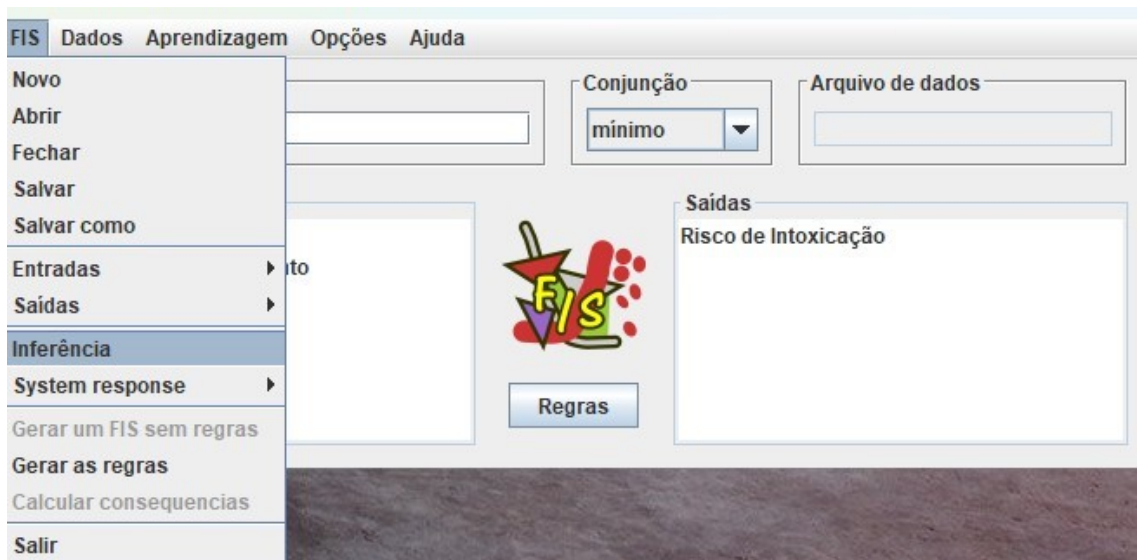
Fonte: Elaborado pela pesquisadora.

A seguir, exemplificou-se como interpretar a Tabela 4 do SBRF construído:

- Se a quantidade de medicamento é baixa e a velocidade de eliminação é baixa então o risco de intoxicação é médio;
- Se a quantidade de medicamento é alta e a velocidade de eliminação é muito baixa, então o risco de intoxicação é alto.

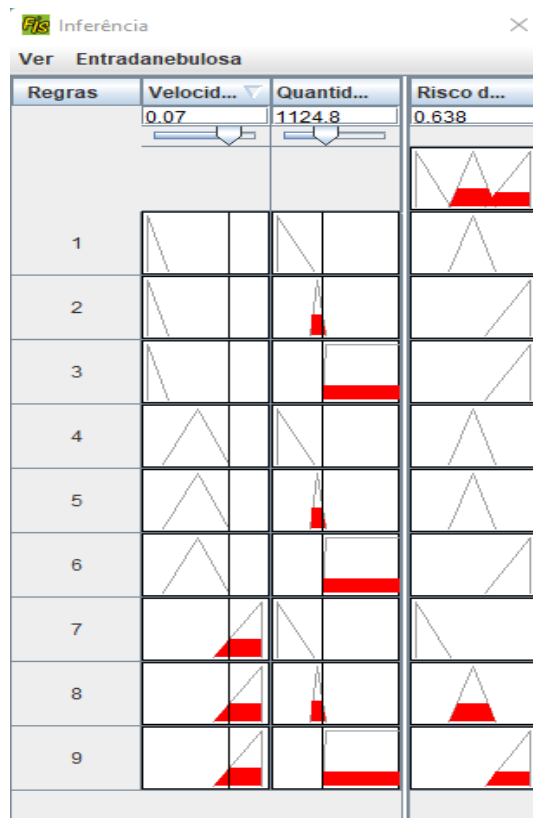
16. Para verificar o método de inferência clique em FIS e, em seguida, em Inferência de acordo com a Figura 44.

**Figura 44** – Janela de Inferências



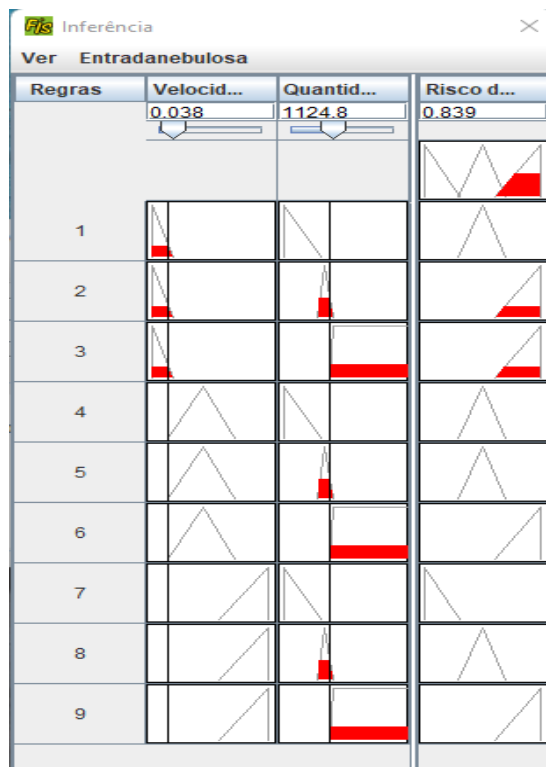
**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

Figura 45 – Inferência



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

Figura 46 – Inferência



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).



Foi também solicitado que os estudantes verificassem a inferência (as regras pré-definidas são analisadas simultaneamente) e respondessem: Ao alterarmos a velocidade de eliminação, pode-se observar que o risco de intoxicação aumenta ou diminui?

Após analisarem, os estudantes responderam que: se a velocidade de eliminação é aumentada o risco de intoxicação pelo organismo diminui e ao contrário, se a velocidade diminui, então há um aumento do risco.

Como exemplo foi mostrada a Figura 45 introduzindo  $k = 0,07$  e quantidade de medicamento 1124,8, sendo o risco de intoxicação 0,638. Se colocamos  $k = 0,038$  e a quantidade de medicamento 1124,8, o risco de intoxicação é 0,839, (Figura 46).

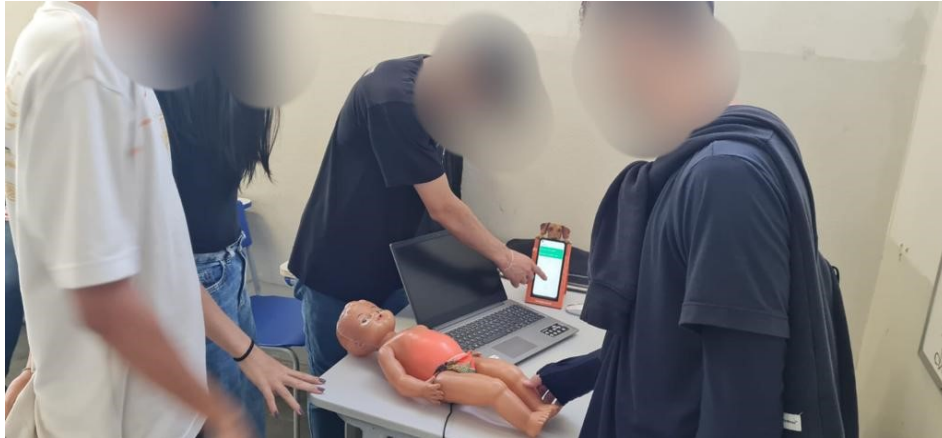
## 11<sup>a</sup> AULA

Nesta aula os estudantes tiveram acesso ao protótipo de um organismo humano representado por um boneco, bem como um pouco da história da sua construção para que compreendessem a utilização desse recurso tecnológico na atividade proposta. Inicialmente, foi esclarecido que o SBRF construído com os estudantes na aula anterior foi inserido no protótipo, modelando o possível risco de intoxicação e a quantidade de doses administradas. Essas informações seriam captadas com o toque em um botão “sensor”, instalado na boca do boneco e sensível ao toque. Também ficaram cientes que no abdômen do protótipo foi instalado um ponto de luz led por meio de um suporte e que quando acionada representava sinais de alerta, ao piscar e variar as cores. Em seguida, souberam que no abdômen do protótipo estavam programadas da seguinte forma:

- Se o risco estivesse entre  $[ 0 ; 0,3)$ , então a luz verde acenderia;
- Se o risco estivesse entre  $[ 0,3 ; 0,8)$ , então a luz amarela acenderia;
- Se o risco estivesse entre  $[ 0,8 ; 1]$ , então a luz vermelha acenderia.

Esta foi uma atividade lúdica em que os estudantes fizeram as simulações com o protótipo para verificação do possível risco de intoxicação, inserindo dados de quantidade de medicamento e velocidade de eliminação no dispositivo instalado no *smartphone* e validando os resultados encontrados de acordo com o modelo em estudo, (Figura 47).

**Figura 47** – Simulações dos estudantes com o protótipo



Fonte: Foto acervo da pesquisadora.

## 12ª AULA

Esta aula tem como objetivo avaliar o aprendizado dos estudantes a partir de uma ferramenta tecnológica, o jogo. Para tanto, utilizou-se o *Kahoot*, uma plataforma de aprendizagem, que permite criar e aplicar a avaliação da aprendizagem de forma lúdica, dinâmica e interativa com um jogo ao vivo e em formato quiz. Como objetivo desta proposta metodológica os estudantes responderam a 12 questões previamente organizadas em quatro áreas do conhecimento: Biologia, Matemática, Química e Matemática Aplicada abordando o que foi trabalhado com eles anteriormente. As perguntas do jogo estão disponíveis no apêndice. O tempo total de duração do jogo foi de 30 minutos e as questões tiveram um tempo aproximado entre 1 e 4 minutos, podendo ser maior ou menor de acordo com o grau de dificuldade.

Nesta atividade os estudantes utilizaram o laboratório de informática e, a partir de um navegador, acessaram a página do *Kahoot* inserindo uma senha de acesso “Game Pin”, fornecida pela pesquisadora. Para a participação dos estudantes em atividades no *Kahoot* não é necessário que eles tenham o registro na plataforma, bastando apenas a senha para o acesso, (Figura 48). A participação no jogo ocorreu de forma individual, por isso cada estudante fez o seu registro com o nome ou um apelido. O jogo tem uma proposta divertida em que os estudantes puderam montar os seus próprios personagens, escolhendo os acessórios de acordo com suas preferências.

Essa forma de avaliar foi muito interessante porque, diferentemente das outras etapas da sequência em que os estudantes foram avaliados em grupo, de forma colaborativa, agora, ao contrário, ocorreu de forma individual, despertando a autonomia e a competição entre eles. O

jogo foi exibido em *datashow*, oportunizando aos estudantes acompanharem juntos todas as etapas e com o feedback instantâneo de cada resposta no placar. No final do jogo, foi exibido um pódio para o primeiro, o segundo e o terceiro lugares, mostrando o número de acertos de cada um, bem como a pontuação total obtida. Percebe-se que o uso de ferramentas digitais, em qualquer fase do processo da aprendizagem, motiva e desperta entusiasmo nos estudantes por ser algo diferente e prazeroso. Atividades como essa promovem o interesse, a curiosidade e o engajamento dos estudantes, estimulando a sua participação tanto no processo de aprendizagem quanto avaliativo. O relatório detalhado do jogo permitiu observar quantos jogadores responderam a determinada questão, qual o número de acertos e o tempo médio para cada resposta, assim foram melhorados os resultados desse trabalho. O final do jogo foi muito divertido e com comemoração pelos estudantes. Eles disseram que gostariam de mais aulas como essa e que na próxima atividade gostariam que o tempo para as respostas fosse um pouco maior; eles deixaram também o feedback no próprio *Kahoot*, o qual também oferta a opção de sabermos a opinião dos participantes em relação à atividade.

**Figura 48** – Tela de acesso ao jogo



**Fonte:** kahoot.it

**Figura 49** – Estudantes participando do jogo na plataforma *Kahoot*



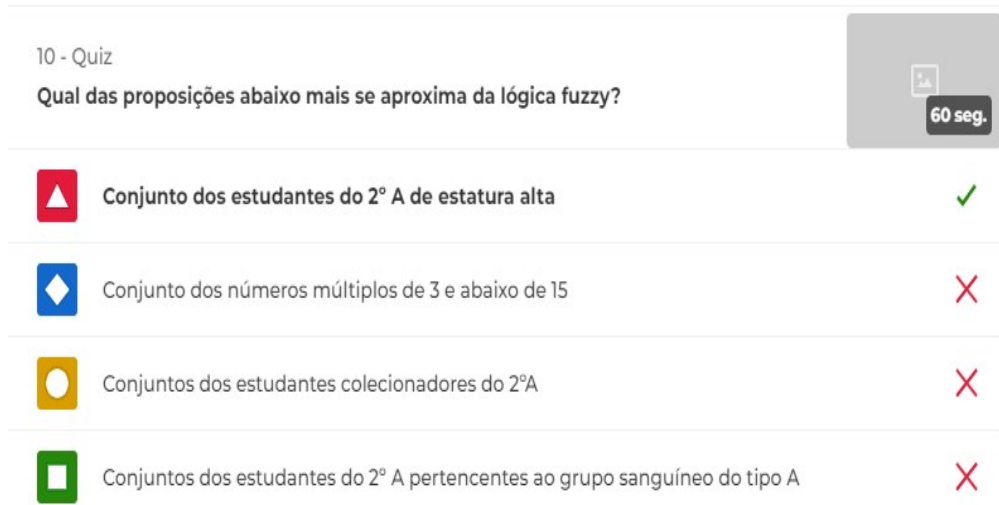
**Fonte:** Foto acervo da pesquisadora.

**Figura 50** – Questão do jogo na plataforma *Kahoot*



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora utilizando a plataforma *Kahoot*.

**Figura 51** – Questão do jogo na plataforma *Kahoot*



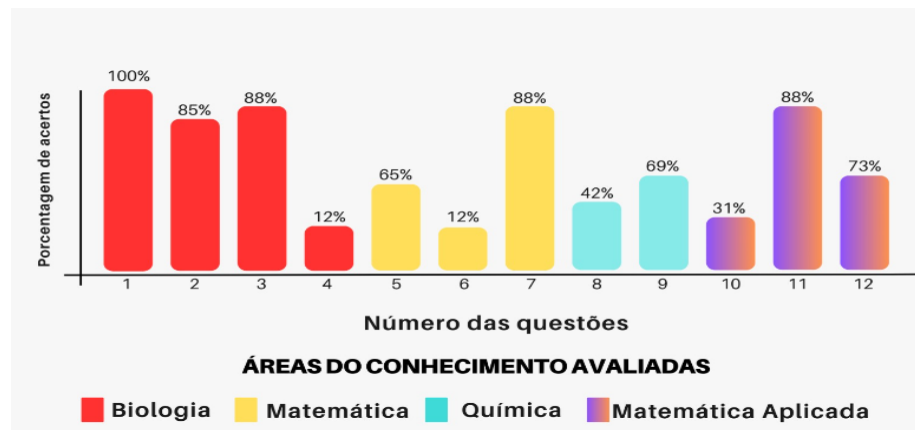
**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora utilizando a plataforma *Kahoot*.

A Figura 52 mostra os resultados obtidos com o jogo na avaliação por área do conhecimento. A porcentagem de acertos de todas as questões foi 62,82%. Na área de Biologia, a primeira questão teve 100% de acerto e a quarta 12%, pois exigia um conhecimento mais aprofundado em sistema ABO.

Na área de Matemática a última questão teve maior acerto, 88% e está relacionada com a soma de PG; a sexta questão obteve 12% de acertos, pois os estudantes resolveram a questão mentalmente e em um curto intervalo de tempo, gerando dificuldades para determinar o resultado correto.

Em Química a nona questão teve maior acerto, 69%. A questão aborda o indicador fenolftaleína utilizado no experimento químico, sendo um assunto muito explorado e de muito interesse dos estudantes.

Na área de Matemática Aplicada as questões envolvem a lógica *fuzzy*. A 11ª e 12ª questões tiveram acertos de 88% e 73%, respectivamente. A quantidade de acertos foi significativa, pois os estudante tiveram o primeiro contato com a teoria dos conjuntos *fuzzy* nesta sequência didática.

**Figura 52**– Resultado da avaliação de aprendizagem dos estudantes

Fonte: Pesquisa de campo (2022).

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados a partir da pergunta norteadora desse trabalho demonstraram a importância de se utilizar a Modelagem Matemática associada a tecnologias educacionais, permitindo explorar um novo conceito e contribuindo de forma significativa para a aprendizagem, propondo assim uma inovação didática.

Esse projeto teve início em 2021, durante a disciplina de Modelagem Matemática em que a professora solicitou que os mestrandos produzissem uma sequência didática, utilizando um tema à escolha e aplicável em sala de aula. A partir daí surgiu a ideia de criar um modelo farmacocinético para explicar o conteúdo de uma PG para estudantes do Ensino Médio. Dessa forma, esta disciplina foi imprescindível na organização e estruturação das pesquisas e desenvolvimento da situação-problema abordada nesse contexto.

O trabalho em tela, combinou a sequência didática inicial com a introdução da lógica *fuzzy*, oportunizando a resolução das situações de forma intuitiva, sem conceitos prontos, levando à reflexão, criatividade e envolvimento dos estudantes com a temática. Motivados com a proposta, os estudantes deram início a pesquisas relacionadas ao uso de medicamentos, construíram *e-books* e utilizaram termos farmacológicos essenciais para o estudo.

O tema transversal saúde, possibilitou um trabalho interdisciplinar com outra área do conhecimento em que os estudantes tiveram a oportunidade de aprender o conceito da meia-vida a partir de uma analogia, observando um experimento químico. Essa experiência prática trouxe para os estudantes uma forma diversificada de aprendizagem sobre o assunto, geralmente abordado de forma tradicional. Para a introdução dos conjuntos *fuzzy* foi necessário revisar os

conjuntos clássicos, utilizando o sistema sanguíneo ABO, promovendo novamente o diálogo entre componentes curriculares diferentes. Assim, pode-se observar que o cruzamento entre componentes curriculares e TCT é uma proposta vigente de implementação dos TCT pela BNCC e essa experiência demonstrou ser possível a utilização de metodologias diferentes nas práticas pedagógicas e planos de aula.

O pensamento computacional aliado à lógica *fuzzy* permitiu aos estudantes desenvolverem o raciocínio lógico-matemático e examinarem o problema proposto em cada etapa, mobilizando as competências e habilidades necessárias para a sua resolução. De acordo com a BNCC (BRASIL, 2018) uma das propostas do processo educacional é buscar soluções para as demandas advindas de diversos contextos com o auxílio da tecnologia. Nesse sentido, a utilização do pensamento computacional como recurso para aprendizagem permitiu aos estudantes o aprimoramento da matemática e computacional, além do desenvolvimento crítico e proativo sobre um tema relevante para o contexto social.

A avaliação da aprendizagem dos estudantes ocorreu de forma contínua e associada ao processo, em todas as etapas da sequência didática, a partir da observação das discussões sobre a temática, das pesquisas, registros, relatórios, simulações e construção de *e-books*. O jogo elaborado na plataforma *kahoot* em um formato *quiz* também fez parte do processo avaliativo. De forma lúdica e descontraída os estudantes responderam às questões sobre as quatro áreas abordadas na sequência didática, despertando neles a motivação e o entusiasmo.

Sobre as dificuldades encontradas durante o processo da aplicação da sequência didática apontam-se as oscilações de conexão com a internet e o tempo necessário para a instalação dos programas, pois não há na escola técnicos ou auxiliares no laboratório de informática. Outro ponto a ser citado é a dificuldade relativa à elaboração e aplicação da proposta interdisciplinar, vez que a elaboração exigiu tempo para a reunião entre professores de diferentes áreas, assim como o planejamento e a elaboração das atividades propostas. Para a prática com os estudantes, também foi necessário o encontro entre os professores das disciplinas, o que geralmente é dificultado pois os horários entre as disciplinas nem sempre coincidem.

A partir dos relatórios dos resultados das atividades avaliativas inferiu-se que a aprendizagem ocorreu de forma satisfatória. A metodologia utilizada proporcionou aos estudantes o contato com um novo conceito matemático, indo além dos conteúdos curriculares pré-estabelecidos. É importante lembrar que estes estudantes são egressos de um período pandêmico e estavam retomando naquele momento os estudos presenciais. Acredita-se que a aplicação dessa metodologia muito contribuiu para a motivação, participação e retomada dos estudos presenciais.

Baseado na temática desenvolvida na pesquisa houve a produção e submissão de um artigo intitulado: **“Interdisciplinaridade no Ensino Médio: aplicando progressão geométrica e conjuntos *fuzzy* na intoxicação medicamentosa”** que contribuirá para a divulgação dessa proposta de ensino. Como resultados da pesquisa serão disponibilizados dois produtos sendo eles o “protótipo” para simulações e o manual da construção deste protótipo. A sequência didática também será disponibilizada.

Portanto o objetivo do trabalho foi atingido, pois os produtos educacionais desenvolvidos com base no pensamento computacional viabilizaram a aplicação da sequência didática a partir da Modelagem Matemática e criação de um modelo farmacocinético, introduzindo o conceito da meia-vida dos fármacos e modelando assim os riscos de intoxicação do organismo humano. Além disso, a introdução dos conjuntos *fuzzy*, no Ensino Médio, permitiu aos estudantes aprenderem um novo conceito, desenvolvendo competências e habilidades relacionadas não apenas a aspectos cognitivos, mas também sobre demandas relativas ao contexto social. Nesse sentido, a pesquisa contribuiu para a conscientização do uso correto e racional dos medicamentos a partir do entendimento pelos estudantes, da atuação dos fármacos no organismo humano e dos riscos da automedicação.



## 9 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.W.; SILVA, K. P.; Vertuan R. E. *Modelagem Matemática na educação básica*. São Paulo: Contexto, 2020.

ALVES. A. J. *Uma biblioteca Fuzzy para Arduino e Sistemas Embarcados*. Blog ZeRoKoL. Teresina – PI.; 28 de set de 2012. Disponível em: < <https://blog.zerokol.com/2012/09/arduino-fuzzy-uma-biblioteca-fuzzy-para.html>>. Acesso em: 04 ago. 2022.

ANDRADE, T. M . *Matemática Interligada: área de Matemática e suas tecnologias*. São Paulo: Scipione, 2020.

BASSANEZI, R.; FERREIRA, W. *Equações Diferenciais Com Aplicações*. São Paulo. Harbra, 1988.

BASSANEZI, R. C. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia*. São Paulo: Contexto, 2002.

BERTONE, A. M. A; BASSANEZI, R. C.; JAFELICE, R. S. M. *Modelagem Matemática*. Uberlândia: Edufu, 2014.

BIOLOGIA RESOLVIDA. *Questão resolvida sobre sistema ABO, da Unec*. 21 de abril de 2022. Disponível em: <<https://biologiaresolvida.com.br/vestibular/questao-resolvida-sistema-abo-unec-2021/>>. Acesso em: 14 out. 2022.

BLYNK. Plataforma *online* (S/D). Disponível em: <<https://blynk.io/>>. Acesso em: 04 out. 2022.

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*, Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 02 set. 2022.

\_\_\_\_\_. *Conselho Nacional de Educação (CNE) - Parecer N° 7, de 7 de abril de 2010*: Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/docman/novembro-2018-pdf/102481-rceb003-18/file>>. Acesso em: 28 set. 2022.

\_\_\_\_\_. *Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA)*. Lei 8.069/90. São Paulo, Atlas, 1991.

\_\_\_\_\_. Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM-2011). *Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP)*. Ministério da Educação. Disponível em: <<https://descomplica.com.br/gabarito-enem/questoes/2011-segunda-aplicacao/segundo-dia/os-medicamentos-imediatamente-apos-ingestao-comecam-ser-metabolizados-pelo-organismo/>>. Acesso em: 02 jul. 2021.

\_\_\_\_\_. *Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação e Câmara de Educação Básica*. Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Resolução n° 3, de 21 de novembro de 2018. Relator: Ivan Cláudio Pereira Siqueira. Brasília – DF, 21/11/2018. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO – Publicado em: 22/11/2018, Edição: 224, Seção: 1, Página: 21. Disponível em: <<https://curriculoreferencia.educacao.mg.gov.br/>>. Acesso em: 06 set. 2022.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. *Temas Contemporâneos Transversais na BNCC: contexto histórico e pressupostos pedagógicos*. Brasília, DF:Ministério da Educação, 2019. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao\\_temas\\_contemporaneos.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2023.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: apresentação dos Temas Contemporâneos Transversais, ética*/Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1997.

\_\_\_\_\_. Lei 8.069, de 13 de julho de 1990. *Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências*. Diário Oficial da União, Brasília, 16 jul.1990.

\_\_\_\_\_. *Lei 13.415/2017, de 16 de fevereiro de 2017*. Altera as leis nºs 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho 2007, que regulamenta o fundo de manutenção e desenvolvimento da educação básica e de valorização dos profissionais da educação, a consolidação das leis do trabalho - clt, aprovada pelo decreto-lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e o decreto-lei n 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a lei nº 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a política de fomento à implementação de escolas de ensino médio em tempo integral. Diário Oficial da União, Brasília, 17 fev.2017.

\_\_\_\_\_. *Resolução CNE/CEB 3/2018 – Atualiza as diretrizes curriculares Nacionais para a educação básica*. MEC: Brasília - DF, 2018. Disponível em:<[https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE\\_RES\\_CNECEBN32018.pdf](https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_RES_CNECEBN32018.pdf)> . Acesso em: 28 set.2022.

CAJU. Matemática. ENEM 2011 PPL. *Prova de Matemática Resolvida*. YouTube, 28 de jun. de 2020. Disponível em <<https://youtu.be/4gCIzIBW20A?si=j6hrKUuFZstbE8xh>.> Acesso em: 12 out. 2022.

CALDERARI, W. J. U. *Intoxicação Medicamentosa: A Atuação do Farmacêutico*. Faculdade de Educação e Meio Ambiente. Ariquemes – RO, 2017.

Canal Saúde Oficial. *Intoxicação por Medicamentos – Ligado em Saúde*. YouTube, 9 de jul. de 2020. Disponível em: <<https://youtu.be/DfcLZXFkqOU?si=xfAhVH4kqStsHvms>>. Acesso em: 02 fev.2022.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. *Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós graduação*. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

CANVA. Plataforma online, (S/D). Disponível em: < [https://www.canva.com/pt\\_br/](https://www.canva.com/pt_br/)>. Acesso em: 04 set. 2022.

CONSELHO FEDERAL DE FARMÁCIA (CFF). *Pesquisa avalia uso de medicamento*. Março de 2019. Disponível em: <<https://sinitox.icict.fiocruz.br/pesquisa-cffdatafolha>>. Acesso em: 07 out. 2022.

DANTE, L. R.; VIANA, F. *Matemática em contexto: área de Matemática e suas tecnologias*. São Paulo: Ática, 2020.

DANTE, L. R. *Matemática Contexto & Aplicações*. Matemática. Ensino Médio. 3.ed. São Paulo: Ática, 2017.

FELTRE, R. *Química*. Ensino Médio. 6. ed. Vol. 1. São Paulo: Moderna, 2004.

FISPRO. *Fuzzy Inference System Professional*. Software Livre. Disponível em: <<https://www.fispro.org/en/>> Acesso em: 16 ago. 2022.

GATTI, B. A. *A construção da pesquisa em educação no Brasil*. Brasília: Liber Livro Editora, 2012.

ISGH – INSTITUTO DE SAÚDE E GESTÃO HOSPITALAR. *Recomendações de conservação e validade de medicamentos multidoses após abertura*. Boletim ISGH, nº 2, Dezembro/2016.

JAFELICE, R. *Aplicações da teoria dos conjuntos fuzzy*. In Minicurso, Uberlândia, Brasil, 2004.

JAFELICE, R. S. M.; BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C. *Teoria dos Conjuntos Fuzzy com Aplicações*. 3.ed. São Carlos, SP: SBMAC, 2023, 136p (Notas em Matemática Aplicada; v.17).

JORNAL DO BRASIL, RJ. “*O futuro será ‘fuzzy’*”. Ano 1991/Edição 00271. Disponível em: <[http://memoria.bn.br/DOCREADER/DocReader.aspx?bib=030015\\_11&hf=www.google.com.br&pagfis=31372](http://memoria.bn.br/DOCREADER/DocReader.aspx?bib=030015_11&hf=www.google.com.br&pagfis=31372)>. Acesso em: 01 out. 2023.

KAHOOT. Plataforma *online*, (S/D). Disponível em: <[https:// kahoot.com](https://kahoot.com)>. Acesso em: 15 de nov. 2022.

LOPES, W. A; JAFELICE, R.S.M. *Fuzzy Modeling in the Elimination of Drugs*. In: International Symposium on Mathematical and Computational Biology, 2006, Petrópolis. Proceedings of the 2005. International Symposium on Mathematical and Computational Biology. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais Ltda, 2005. P. 339-355.

\_\_\_\_\_. Modelagem Fuzzy na Saúde. *FAMAT em Revista*, 5, p. 85-125, 2005.

MENEGOTTO, J. *Aplicação da Teoria dos Conjuntos Fuzzy em Modelos Farmacocinéticos Multicompartimentais*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Matemática Aplicada. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica.. Campinas, 2011.

MERLI, R. F. *Modelos Clássicos e Fuzzy na Educação Matemática: Um olhar sobre o uso da linguagem*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós- Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Londrina, 2012.

MINAS GERAIS. *Currículo Referência de Minas Gerais, 2019*. Disponível em: <<https://curriculoreferencia.educacao.mg.gov.br/index.php/ens-medio/curriculo-referencia-ensino-medio>> Acesso em: 7 set. 2023.

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

MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). *Uso racional de medicamentos* (2015). Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/daf/uso-racional-de-medicamentos>>. Acesso em: 30 out. 2023.

ONU NEWS. *Uso indevido de medicamentos afeta saúde das pessoas, diz OMS (2010)*. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2010/06/1345041>> Acesso em: 30 out. 2023.

PORTAL EDUCAÇÃO. *Meia-Vida de Drogas (T1/2): O Que É?*(s.d). Disponível em: <<https://blog.portaleducacao.com.br/meia-vida-de-drogas-t1-2o-que-e/#:~:text=A%20cada%20intervalo%20de%20tempo,uma%20larga%20faixa%20de%20concentra%C3%A7%C3%B5es>>. Acesso em: 12 out. 2022.

QUAIS SÃO OS RISCOS DA AUTOMEDICAÇÃO? *Associação metropolitana de gestão*, 22 julho. Disponível em: <<https://amggestao.org.br/2021/07/22/quais-sao-os-riscos-da-automedicacao/>>. Acesso em: 13 out. 2022.

SILVA, M. F. *Uma Proposta de Aplicação da Lógica Fuzzy no Ensino Médio*. Tese (Mestrado) – Programa de Mestrado Profissional em Matemática da Universidade Federal do Amazonas, 43f.: il. Color; 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES TÓXICO-FARMACOLÓGICAS (SINITOX). Disponível em: <[https://sinitox.iciet.fiocruz.br/sites/sinitox.iciet.fiocruz.br/files//Brasil5\\_1.pdf](https://sinitox.iciet.fiocruz.br/sites/sinitox.iciet.fiocruz.br/files//Brasil5_1.pdf)>. Acesso em: 27 set. 2022.

TEIXEIRA, L. A. *Diálogo*. Matemática e suas tecnologias. São Paulo: Moderna, 2020.

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Provas comentadas (2020)*. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/coperse/wp-content/uploads/2022/03/PROVAS-COMENTADAS-2020-DIGITAL.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2022.

WING, J. *Computational Thinking*. Trad. Cleverson Sebastião dos Anjos. *Communications of the ACM*, n. 3, p.4, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>. Acesso em: 04 out. 2022.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. *Journal Information and Control*, Vol. 8, Issue 3, pages 338-353, 1965. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)

# ***APÊNDICE***

## **Sequência Didática**

## 1ª AULA

Com o objetivo de motivar os estudantes para o estudo da modelagem *fuzzy* do risco de intoxicação medicamentosa, inicialmente apresenta-se um vídeo em que tal assunto é abordado ([https://www.youtube.com/watch?v=DfcLZXFkqOU&ab\\_channel=CanalSa%C3%BAdeOficial](https://www.youtube.com/watch?v=DfcLZXFkqOU&ab_channel=CanalSa%C3%BAdeOficial)). Em seguida é trabalhada uma tabela de dados referentes a registros de casos de intoxicação humana no Brasil, informados pelo Ministério da saúde /Sinitox (Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas). Disponível em: [https://sinitox.iciet.fiocruz.br/sites/sinitox.iciet.fiocruz.br/files//Brasil9\\_1.pdf](https://sinitox.iciet.fiocruz.br/sites/sinitox.iciet.fiocruz.br/files//Brasil9_1.pdf). A partir do vídeo e das informações apresentadas na Tabela 1 A a educadora faz uma breve explanação sobre o assunto em que é comentada a forma como as pessoas fazem uso das medicações, os riscos da automedicação, do uso indiscriminado de remédios e dos seus efeitos. Na sequência promove discussões sobre o assunto em uma roda de conversa para que os estudantes tenham melhor compreensão sobre a temática, sendo estimulados a desenvolver atividades que demonstrem o risco e controle de intoxicações medicamentosas no organismo humano.

**Tabela 1 A – Casos Registrados de Intoxicação Humana por Agente Tóxico e Zona de Ocorrência, 2017**

| Agente                        | Zona         |              |                | Total        |            |
|-------------------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|------------|
|                               | Rural<br>n°  | Urbana<br>n° | Ignorada<br>n° | n°           | %          |
| Medicamentos                  | 589          | 17477        | 2571           | 20637        | 27,11      |
| Agrotóxicos/Usos Agrícola     | 949          | 1229         | 370            | 2548         | 3,35       |
| Agrotóxicos/Usos Doméstico    | 34           | 724          | 73             | 831          | 1,09       |
| Produtos Veterinários         | 122          | 480          | 107            | 709          | 0,93       |
| Raticidas                     | 41           | 937          | 173            | 1151         | 1,51       |
| Domissanitários               | 112          | 3570         | 970            | 4652         | 6,11       |
| Cosméticos                    | 13           | 943          | 111            | 1067         | 1,40       |
| Produtos Químicos Industriais | 170          | 2269         | 439            | 2878         | 3,78       |
| Metais                        | 8            | 32           | 17             | 55           | 0,07       |
| Drogas de Abuso               | 125          | 2307         | 311            | 2743         | 3,60       |
| Plantas                       | 67           | 637          | 117            | 821          | 1,08       |
| Alimentos                     | 15           | 405          | 52             | 472          | 0,62       |
| Animais Peç./Serpentes        | 1969         | 772          | 329            | 3070         | 4,03       |
| Animais Peç./Aranhas          | 1557         | 4195         | 204            | 5956         | 7,83       |
| Animais Peç./Escorpiões       | 3922         | 7299         | 458            | 11679        | 15,34      |
| Outros Animais Peç./Venenosos | 1256         | 3622         | 1252           | 6130         | 8,05       |
| Animais não Peçonhentos       | 999          | 3591         | 460            | 5050         | 6,63       |
| Desconhecido                  | 96           | 835          | 73             | 1004         | 1,32       |
| Outro                         | 632          | 3109         | 921            | 4662         | 6,12       |
| <b>Total</b>                  | <b>12674</b> | <b>54433</b> | <b>9008</b>    | <b>76115</b> | <b>100</b> |
| <b>%</b>                      | <b>16,65</b> | <b>71,51</b> | <b>11,83</b>   | <b>100</b>   |            |

Fonte: MS / FIOCRUZ / SINITOX (2017).

## 2ª AULA

Nesta etapa é proposto um trabalho de pesquisa no laboratório de informática. Bulas de medicamentos foram solicitadas previamente e escolhidas pelos estudantes para que fizessem pesquisas na internet e conceituassem os termos que constam nas bulas. A partir das pesquisas realizadas cada grupo foi orientado a construir um *e-book* (dicionário digital), relacionado à temática. Para isso, a educadora inicialmente apresenta a ferramenta *Google Apresentações* com a qual é possível criar apresentações e construir *designers* gráficos. Nela os grupos podem construir seus trabalhos utilizando a sua criatividade, acrescentando imagens, por exemplo, aos seus trabalhos. A atividade deve estar postada com antecedência pela professora na plataforma *Classroom* (plataforma utilizada pela escola para postar atividades), com a devida descrição e um modelo em anexo de dicionário digital.

Os estudantes têm acesso a uma apresentação em branco e podem criar a partir dela. A professora acompanha as criações de forma presencial e virtual. Os grupos realizam a tarefa de forma colaborativa devolvendo-a em um formato de arquivo PDF na plataforma *Classroom*, atividade esta que leva um tempo maior para ser executada. Cabe à professora determinar o prazo para envio. A atividade é estimulada através do uso das TIDCs, além das habilidades desenvolvidas em um trabalho colaborativo. A educadora estudou esta ferramenta pedagógica na disciplina Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Ciências e Matemática (TDICEACM) no PPGECEM, ministrada pelo professor Arlindo José de Souza Jr.

### 3ª AULA

Para que os estudantes entendessem o comportamento dos medicamentos no organismo a professora, inicialmente, abordou um conceito importante dentro da farmacocinética (área das Ciências da Saúde que estuda as ações do medicamento no organismo): a meia-vida de um medicamento. A meia-vida é o intervalo de tempo em que a concentração do medicamento é reduzido à metade no plasma sanguíneo. Para que os estudantes compreendam o processo de decaimento é importante que, previamente sejam explorados os seus conhecimentos empíricos relacionados ao conceito de sequência numérica. Dessa forma, a educadora poderá pedir aos estudantes que estabeleçam alguns exemplos de sequências.

A professora mostra uma figura com imagens que obedecem a uma sequência e pergunta se existe uma regra que define essa sequência e em caso afirmativo, qual seria essa regra?

Em seguida pergunta: – Observando essa sequência vocês conseguem identificar o 14º termo? Em caso afirmativo, como vocês conseguiram encontrá-lo?

O intuito das questões é levar o aluno a compreender que existe uma singularidade na repetição que facilita identificar o termo procurado.

Após a apresentação da Tabela 2, a educadora pergunta aos estudantes o que eles conseguem observar na 1ª linha.

E também: – Pode-se afirmar que existe uma sequência nesse caso?

A partir das respostas ela aborda o conceito de sequência, lembrando que as sequências poderão ou não seguir a um padrão e, nesse modelo, a sequência é numérica e segue um padrão.

Em seguida, é explicado sobre progressão geométrica mostrando aos estudantes na Tabela 2 (2ª linha), após a administração da 1ª dose, as quantidades dessa dosagem que restam no organismo em função do tempo; ainda que a 2ª linha mostra como se comportam os resíduos da 2ª dose, chamando a atenção para que os estudantes observem que, após a 2ª dose, a quantidade total do medicamento no organismo é de 900 mg, ou seja, somam-se os 300 mg restantes da 1ª dose com os 600 mg da 2ª dose e, do mesmo modo, a Tabela apresenta uma linha para cada dose que vai sendo acrescida. A última linha equivale à quantidade total do medicamento presente no organismo em função do número de horas após a administração da 1ª dose.

A partir das sequências numéricas presentes nas linhas da Tabela 2 os estudantes devem observar que existe um padrão no decaimento das dosagens, por isso é explicado que devido ao tempo de meia-vida do fármaco a concentração plasmática vai se reduzindo à metade, portanto



cada termo dessa sequência é obtido pelo produto do termo anterior por uma constante. Na Matemática geralmente são utilizadas fórmulas para detalhamento dos termos das sequências. Assim, para que os estudantes entendam a fórmula de recorrência a professora faz o uso da linguagem algébrica, matematizando a 1ª dose.

Após matematizar a meia-vida juntamente com os estudantes ela questiona:

– Qual o número que está sempre sendo elevado a potências diferentes?

E a partir da resposta encontrada pelos estudantes, afirma-se que  $\frac{1}{2}$  é a constante anteriormente citada, sendo a razão dessa sequência e analogamente a razão do modelo proposto. Enfatiza também que por se tratar do decaimento da concentração do medicamento no organismo pode-se observar uma variação decrescente nessa sequência.

Em seguida, a docente pergunta aos estudantes: – Para encontrarmos o termo  $a_{10}$  é necessário multiplicar o termo  $a_1$  por quantos fatores iguais a razão  $q = \frac{1}{2}$ ? E para encontrarmos o termo  $a_n$ , onde  $n$  é o número de termos?

A professora conclui então a explicação, demonstrando a expressão que nos permite encontrar  $a_n$  utilizando o primeiro termo e a razão, sendo esta denominada termo geral:

$$a_n = a_1 \cdot (q)^{n-1}, \text{ com } n \geq 1$$

Assim,  $a_n$  é o termo geral,  $n$  é o número de termos,  $a_1$  é o primeiro termo e  $q$  é a razão.

#### 4ª AULA

Para formalizar o conceito de progressão geométrica, inicialmente, é proposta uma conexão de ideias com destaque para o tema *fake news*, associando-o a uma vivência real no contexto escolar. A educadora então relembra que a escola foi vítima recentemente de uma *fake news* (disseminação de grandes quantidades de notícias falsas e de forma virtual), o que provocou prejuízos para os estudantes, professores, escola e comunidade escolar.

A professora então propõe a seguinte questão: – Vamos imaginar que uma pessoa compartilhe uma notícia com quatro amigos e, cada um deles compartilha essa mesma notícia algum tempo após recebê-la, com outros quatro amigos. Considerando que esse padrão se repita dia após dia e que as pessoas recebam a notícia apenas uma vez e não a enviem para mais de quatro amigos, qual será a sequência numérica formada ao longo de uma semana? A educadora aguarda os estudantes resolverem a questão da forma como preferirem e em seguida, propõe a construção do esquema de forma algébrica:

$$a_1 = 4$$

$$a_2 = 4 \cdot (4)^1$$

$$a_3 = 4 \cdot (4)^2$$

$$a_4 = 4 \cdot (4)^3$$

.

.

.

$$a_7 = 4 \cdot (4)^6$$

$$a_n = a_1 \cdot (4)^{n-1}, \quad n \geq 1$$

Na sequência a educadora explica que as duas sequências citadas anteriormente possuem um mesmo padrão matemático, caracterizando uma PG.

A seguir outra questão é proposta: – Considerando que o padrão na atividade anterior se repita dia após dia e que as pessoas recebam a notícia apenas uma vez e não a enviem para mais de quatro amigos, qual é o total de pessoas que recebe a notícia ao final de uma semana?

A educadora então pergunta aos estudantes como eles conseguiram chegar à resposta final e com essa atividade pretende que os estudantes entendam de forma intuitiva o conceito da soma de uma PG, a partir da compreensão do funcionamento dos modos de comunicação em massa.

## 5ª AULA

Nesta aula a professora retorna ao modelo estudado anteriormente, para que os estudantes consigam fazer associações entre o exemplo da aula anterior e a soma residual dos medicamentos.

Retomando a análise da Tabela 2 a orientadora explica aos estudantes como encontrar o acúmulo residual do medicamento no organismo ao final do tratamento. Seja  $T$  o total em miligramas da quantidade de medicamento que permanece no organismo, a partir da 1ª dose, à medida que o número de meias-vidas ocorre, sendo a soma dos valores das colunas da Tabela 2.

Considere:

$$\begin{aligned}
 T(0) &= 600 = a_1 \\
 T(1) &= a_1 + \frac{1}{2} a_1 = a_1 \left( 1 + \frac{1}{2} \right); \\
 T(2) &= a_1 + \frac{1}{2} T(1) = a_1 + \frac{1}{2} \left[ a_1 + \frac{1}{2} a_1 \right] = a_1 \left[ 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} \right]; \\
 T(3) &= a_1 + \frac{1}{2} T(2) = a_1 + \frac{1}{2} a_1 \left[ 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} \right] = a_1 \left[ 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} \right]; \\
 &\quad \cdot \\
 &\quad \cdot \\
 &\quad \cdot \\
 T(9) &= a_1 \left[ 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \dots + \frac{1}{2^9} \right].
 \end{aligned}$$

Sendo  $a_{10} = T(9)$ , tem-se:

$$a_{10} = a_1 \left[ 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \dots + \frac{1}{2^9} \right].$$

A educadora então esclarece que é possível chegar à quantidade total de doses ingeridas adicionando termo a termo, conforme os estudantes fizeram no exemplo das *fake news*, porém, pode ser muito trabalhoso, como se percebe no modelo. Assim, utiliza-se uma fórmula que possibilita obter esse resultado de uma forma mais simples, generalizando a soma feita anteriormente.

Considere uma  $PG = (a_1, a_1 \cdot q, a_1 \cdot q^2, \dots, a_1 \cdot q_{n-1})$  finita em que o primeiro termo seja  $a_1$  e a razão  $q$ :

$$S_n = a_1 + a_1 \cdot q + a_1 \cdot q^2 + \dots + a_1 \cdot q^{n-1}$$

$$S_n = a_1 (1 + q + q^2 + \dots + q^{n-1}) \quad (11)$$

Multiplicando a equação (11) pela razão  $q$ , obtém-se

$$S_n \cdot q = a_1 (q + q^2 + \dots + q^n) \quad (12)$$

Subtraindo (11) - (12)

$$S_n - S_n \cdot q = a_1 (1 + q + q^2 + \dots + q^{n-1}) - a_1 (q + q^2 + \dots + q^n)$$

$$S_n (1 - q) = a_1 (1 - q^n)$$

$$S_n = \frac{a_1 (1 - q^n)}{1 - q}$$

$$\text{De acordo com o modelo: } a_{10} = a_1 \left[ 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \dots + \frac{1}{2^9} \right] \quad (13)$$

Substituindo  $a_1 = 600$  e  $q = \frac{1}{2}$ , tem-se:

$$S_n = 600 \cdot \frac{(1 - (\frac{1}{2})^n)}{1 - \frac{1}{2}} \quad (14)$$

## 6ª AULA

Nesta aula a docente propõe que os estudantes formem grupos para resolução de uma pergunta similar a uma questão do Enem e adaptada ao modelo estudado. Inicialmente, a professora faz uma breve explicação sobre a superdosagem, esclarecendo que se trata da superação da dosagem limite para um medicamento. Dessa forma, os estudantes devem calcular a quantidade residual de medicamento capaz de oferecer risco ao paciente, descobrindo também o tempo em que isso acontecerá. Os estudantes deverão se dividir em grupos para a resolução da questão e, em seguida, deverá ser apresentada a forma que encontraram para resolvê-la.

Questão 158 (Enem – 2011 – adaptada) - Os medicamentos, imediatamente após a ingestão, começam a ser metabolizados pelo organismo, o que faz com que sua concentração no sangue diminua gradualmente, num processo denominado decaimento. Denomina-se meia-vida de uma substância o tempo necessário para que o teor dessa substância no sangue se reduza à metade do valor inicial. Considere a situação em que um médico prescreveu a um paciente uma dosagem de 600 mg de um medicamento cuja meia-vida é 8 horas, com recomendação de tomar um comprimido a cada 8 horas, durante 4 dias. Para esse medicamento, considera-se superdosagem um teor superior a 1200 mg, causando riscos de intoxicação caso seja ultrapassado. Apressado em recuperar-se o paciente sugeriu ao médico que mudasse a prescrição aumentando a dose para 800 mg imaginando que, assim, reduziria o tempo de tratamento. O médico explicou ao paciente, que caso aumentasse as doses, o paciente correria o risco de estar intoxicado em:

- a) 16 horas.                      b) 24 horas.                      c) 32 horas.                      d) 40 horas.

A professora apresenta três formas de resolução do problema apresentadas na Tabela 3, o gráfico da Figura 22 e a soma da PG representada pela expressão:  $S_3 = \frac{(800) \cdot [1 - (\frac{1}{2})^3]}{1 - (\frac{1}{2})} = \frac{(800) \cdot [1 - 0,125]}{(\frac{1}{2})} = (1600) \cdot (0,875) = 1400$ .

A professora adverte que quando a dose do medicamento aumenta ocorre, conseqüentemente, o aumento do risco de intoxicação. Pode-se notar que quando a dose inicial é de 600 mg o risco de intoxicação acontece após a 11ª dose, mas se a dose ministrada é de 800 mg o risco de intoxicação passa a ser após a 3ª dose.

## 7ª AULA (Interdisciplinar – Experimento Químico)

Nesta aula será realizada uma atividade interdisciplinar entre a Matemática e a Química. A professora de Química mostra aos estudantes, por meio de um experimento químico realizado em laboratório, a representação da intoxicação medicamentosa no organismo humano, valendo-se de substâncias que produzem cores.

A natureza indica por meio de cores, ou mais precisamente, pela mudança de cores que processos químicos estão em desenvolvimento. Quando há substâncias muito antagônicas, cujo controle se faz necessário, a química recorre a uma técnica denominada Titulação.

A Titulação é uma etapa necessária para que a adequada mensuração da quantidade (ou excesso) de um dos compostos (soluções), mediante a mudança de cor, não da espécie em si, mas de uma peça fundamental, denominada indicador.

Tal indicador não participa da reação, mas apenas e tão somente permite identificar, pela cor da solução, se ainda existe a presença de uma das substâncias analisadas.

Quando mencionam-se substâncias antagônicas conjuntamente na titulação, remete-se ao tópico da titulação ácido – base. Substâncias ácidas são aquelas produtoras de cátion  $H^+$  ou  $H_3O^+$ , enquanto a base é substância produtora de ânion  $OH^-$ . As duas substâncias em contato se neutralizam, ou seja, o  $H^+$  com  $OH^-$ , produzindo  $H_2O$ .

Quando a quantidade entre elas não é equivalente, então não foi atingido o equilíbrio. Quem demonstra a existência ou não desse equilíbrio é o indicador que embora não reaja com nenhuma das duas espécies ( $H^+$  ou  $OH^-$ ) indica a sua presença. O indicador é fundamental na visualização de ponto de viragem, indicando quando há uma prevalência ou não de uma das espécies, seja ácido ou base.

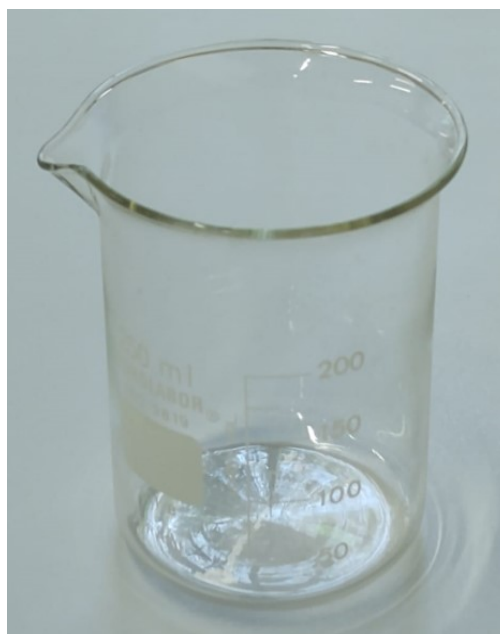
Essa analogia pode ser estendida para o experimento em questão, simbolizando as consequências da quantidade e, mais precisamente do momento de acúmulo de uma das espécies citadas.

Sendo assim, é possível perceber o problema de uma alta exposição a uma das espécies, bem como a redução dessa espécie com o tempo, no sistema em análise.

Nesta atividade são utilizados os seguintes materiais do laboratório de química da escola e reagentes: duas provetas (Figura 1 A), um *Becker* (Figura 2 A), uma pipeta graduada (Figura 3 A), uma haste de vidro (Figura 4 A), um *Erlenmeyer* (Figura 5 A), uma bureta (Figura 6 A), amônia, vinagre, fenolftaleína, luvas e jaleco.

**Figura 1 A – Proveta**

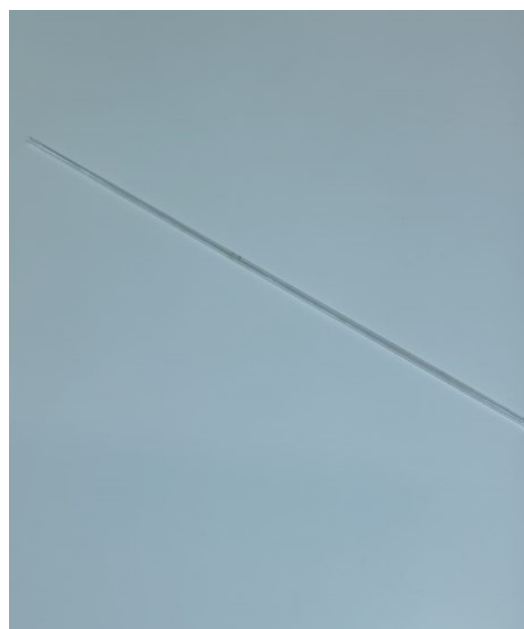
**Fonte:** Foto acervo da pesquisadora.

**Figura 2 A – Becker**

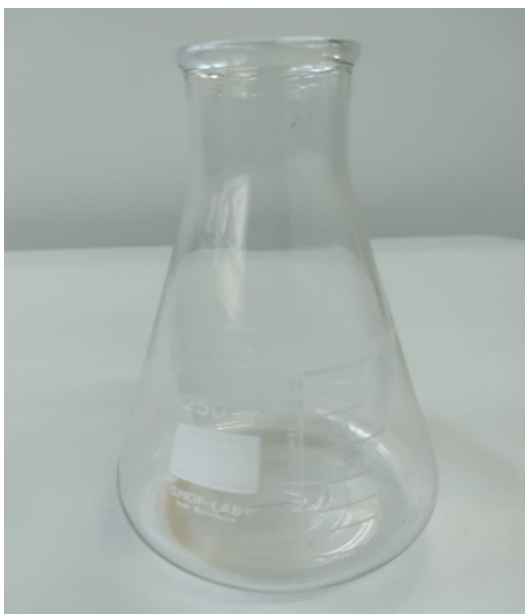
**Fonte:** Foto acervo da pesquisadora.

**Figura 3 A - Pipeta Graduada**

**Fonte:** Foto acervo da pesquisadora.

**Figura 4 A – Haste de vidro**

**Fonte:** Foto acervo da pesquisadora.

**Figura 5 A** – Erlenmeyer

**Fonte:** Foto acervo da pesquisadora.

**Figura 6 A** – Bureta

**Fonte:** Foto acervo da pesquisadora.

#### Procedimento experimental:

1ª etapa – utiliza-se uma proveta para medir 5 ml de amônia;

2ª etapa – a manipulação da amônia para dentro do *Becker* é realizada com a haste de vidro;

3ª etapa – utiliza-se a pipeta para acrescentar 1 ml de fenolftaleína à amônia e pode-se perceber que a solução de amônia fica imediatamente com uma coloração rosa quando entra em contato com a fenolftaleína, pois como anteriormente é comentado a amônia é básica.

A simulação química é uma analogia com o modelo em estudo, então explica-se aos estudantes que essa fase do experimento representa o momento em que se toma o medicamento pela primeira vez.

4ª etapa – outra proveta é utilizada para medir 4 ml de vinagre, o qual é acrescentado aos poucos à solução e os estudantes observam então que a solução clareia de forma gradativa, pois acontece uma reação de neutralização.

Nessa etapa demonstra-se aos estudantes que o processo de neutralização da solução em que há a descoloração, representa a quantidade do medicamento ainda presente no organismo, o vinagre representa a eliminação do medicamento pelo organismo no tempo e, conforme o tempo passa, a quantidade de medicamento no organismo fica reduzida.

No experimento à medida que se acrescenta o vinagre, a cor rosa vai diminuindo na solução. Nota-se que a cor não desaparece por completo, pois analogamente ainda há resíduo

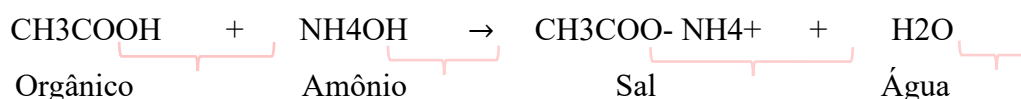


de medicamento no organismo, pois são colocados apenas 4 ml de vinagre. Adicionando-se 5 ml a solução se neutraliza por completo, ficando totalmente incolor. Segundo Feltre (2004 p. 202), “na química, ácidos e bases podem ser considerados substâncias com características opostas, fato que pode ser percebido se observarmos suas propriedades funcionais”.

Ainda de acordo com o autor Feltre (2004 p. 202), na ação em relação aos indicadores:

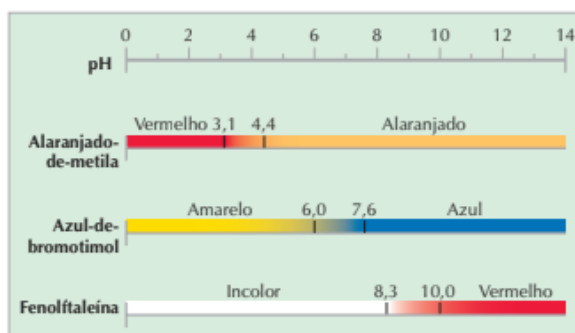
Ácidos e bases mudam a cor de certas substâncias que são, por esse motivo, denominadas indicadores ácido-base; se um ácido provoca uma certa mudança de cor, a base fará o indicador voltar à cor primitiva, e vice-versa; [...] na ação recíproca: Juntando-se um ácido e uma base, um irá neutralizar as propriedades do outro, porque o ácido e a base reagem quimicamente entre si; a reação, por esse motivo, é chamada de reação de neutralização.

No experimento tem-se o seguinte exemplo de reação de neutralização:



Em experimentos químicos é comum a utilização de indicadores que variam de cor em função dos valores do pH, a chamada viragem. A Figura 7. A apresenta alguns indicadores utilizados frequentemente em experimentos químicos, sendo a fenolftaleína o indicador utilizado nesse experimento.

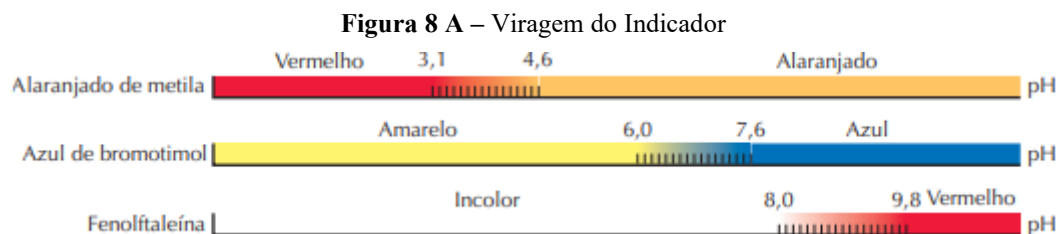
**Figura 7 A** – Escala de cores de indicadores ácido – base



**Fonte:** Feltre (v.1, 2004, p.203).

Na Figura 8 A são observados três indicadores e nenhum deles demonstram uma variação no ponto 7 da escala, já que nesse nível o pH é neutro, apontando o momento da neutralização. Ainda, de acordo com Feltre (2004), dependendo do indicador escolhido, a mudança de cor (chamada de viragem do indicador) ocorre numa faixa de pH diferente. A

fenolftaleína, indicador escolhido neste experimento, permanece incolor em pH inferior a 8 e pode-se observar a cor vermelha quando o pH se encontra entre 8 e 9,8 e acima do valor 10 de pH, tem-se a cor rosa. A fenolftaleína foi escolhida nesse experimento pela facilidade de verificação da viragem, podendo ser facilmente observada pelos estudantes.



**Fonte:** Feltre (v.2, 2004, p.238).

5ª etapa – para acrescentar 1 ml de fenolftaleína à amônia utiliza-se a pipeta e percebe-se que a solução de amônia fica novamente com a coloração rosa, vista anteriormente no experimento.

Esta etapa representa a segunda dose que o medicamento é administrado. A cor rosa ficará com tonalidade mais escura novamente. Este processo é realizado mais uma vez e observa-se que o rosa está em uma tonalidade mais forte que as etapas anteriores, que pode representar o organismo ter atingido o nível máximo de saturação do fármaco, logo, indicando risco de intoxicação.

## 8ª AULA

Nesta aula a professora revisa com os estudantes os conceitos de conjuntos. Para que os estudantes possam compreender o conceito, identificá-lo e representá-lo estabelecendo relações de pertinência e contingência entre os conjuntos e seus elementos, a educadora inicialmente faz proposições provenientes do contexto dos próprios estudantes. Em seguida para que seja trabalhado as operações relacionadas aos conjuntos, a educadora faz articulações com a área de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias associando esse conceito ao estudo do sistema de grupos sanguíneos (ABO). A compreensão dos conjuntos clássicos é fundamental para a continuidade do estudo do modelo relacionado a sequências e a PG, assim como a teoria de conjuntos *fuzzy* que será iniciado na próxima aula.

A professora então pergunta aos estudantes qual o significado da palavra conjunto e também se há entre os estudantes algum colecionador.

A partir do conhecimento prévio dos estudantes aborda-se o conceito de conjuntos como sendo coleções, sendo que os elementos que os compõem podem ser objetos, lugares, estudantes, animais, números, entre outros.

A professora então propõe a formação de alguns exemplos de conjuntos e, a partir dos exemplos propostos, explica que existem conjuntos finitos e infinitos.

Na sequência esclarece que os elementos de um conjunto podem ser apresentados por uma condição ou por uma lei de formação que o define, como no exemplo a seguir:

$E = \{x/x \text{ é um número primo maior do que } 11 \text{ e menor do que } 20\}$ . Neste caso,

$E = \{11,13,17,19\}$ .

### **Relação de Pertinência**

Para relacionar elementos a conjuntos são utilizados os símbolos:  $\in$  - Pertence, caso o elemento faça parte do conjunto ou coleção dada, ou  $\notin$  - Não pertence, se esse elemento não faz parte desse conjunto.

As relações de pertinência podem ser estabelecidas a partir do contexto dos estudantes, mostrando a eles, por exemplo, o pertencimento do conjunto de sala do 2º Ano A à escola.

### **Classificação dos conjuntos quanto as suas características: Conjunto Unitário, Vazio e Universo.**

A professora segue explicando as características dos conjuntos procurando entre os estudantes características que possam ajudar em suas definições. Para explicar o Conjunto

Unitário, lança uma pergunta bem específica, a fim de ilustrar esse conjunto como por exemplo, se existe na sala alguém que possui irmão gêmeo. O mesmo ocorre para exemplificar o conjunto vazio ao indagar quantos alunos da turma são doadores de sangue.

A professora dá prosseguimento em sua explicação sobre o Conjunto Universo, sendo este indicado geralmente por U, o conjunto mais amplo e que considera todos os elementos envolvidos em determinado estudo. Outra pergunta é feita aos estudantes:

– Levando em consideração que o estudo seja relativo aos estudantes de 2º ano desta escola, qual seria então o nosso Conjunto Universo? A partir das respostas dadas conclui-se a explicação sobre esse conjunto.

### **Relação de Inclusão**

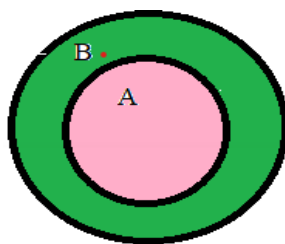
A relação de inclusão sempre ocorrerá entre conjuntos. Quando todos os elementos de um conjunto A também são elementos de um conjunto B, pode-se afirmar que A é subconjunto de B, ou que o conjunto A está contido em B. Para isso são utilizados os símbolos:  $\subset$  - Está contido e  $\not\subset$  - Não está contido.

Para explicar a relação de inclusão a professora questiona: – Quantas pessoas nesta turma têm com o primeiro nome repetido?

A professora então explica que se considerarmos o conjunto A como o conjunto de estudantes com o mesmo nome e o conjunto B como o conjunto de estudantes do segundo ano A, pode-se afirmar que A é subconjunto de B.

Na Figura 9 A é representado o subconjunto A de B.

**Figura 9 A** – Subconjunto A do conjunto B



Fonte: Elaborado pela pesquisadora.

### **Operações com conjuntos: União, Interseção, Diferença e suas associações ao estudo dos sistemas ABO e suas incompatibilidades.**

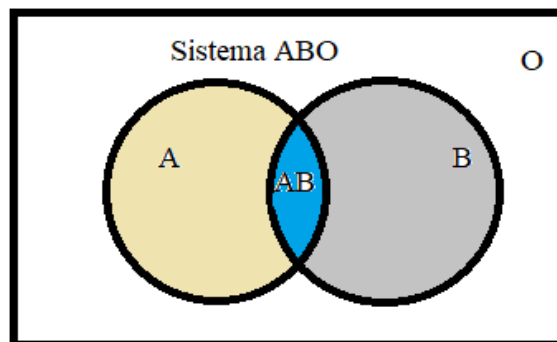
Para explicar as operações com conjuntos abordando o estudo dos tipos sanguíneos dos seres humanos (sistema ABO), inicialmente, a professora faz uma breve explanação sobre a

importância e as diferentes funções exercidas pelo sangue no organismo humano, como o transporte de oxigênio, a regulação da temperatura corporal e defesa. Em seguida, explica que em algumas situações quando há perda de grandes quantidades de sangue é necessário que as pessoas sejam submetidas a transfusões.

Hoje, após diversos estudos, os testes de tipagem sanguínea evitam mortes, contudo esse processo em tempos passados não acontecia de forma segura. Foi no século XX, a partir de estudos realizados por Karl Landesteiner, um pesquisador austríaco, que foi descoberta a incompatibilidade sanguínea entre as pessoas, o que até então causava a aglutinação nas hemácias e, conseqüentemente, a morte de quem era submetido a transfusão. A partir dessa descoberta Landstainer classificou os tipos de sangue em A, B, AB e O, surgindo então o sistema ABO. A professora explica aos estudantes que os tipos sanguíneos são classificados de acordo com os antígenos presentes nas membranas das hemácias. Para que os estudantes compreendam o sistema ABO, por meio de um esquema, a professora representa pelo diagrama de Venn, os tipos sanguíneos a partir dos seus antígenos. Veja Figura 10 A (TEIXEIRA, 2020. *Esquema Adaptado.*).

- O tipo A apresenta somente o antígeno A;
- O tipo B apresenta somente o antígeno B;
- O tipo AB apresenta antígenos A e B;
- O tipo O não apresenta antígenos.

**Figura 10 A – Sistema ABO**



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (TEIXEIRA, 2020. *Adaptado.*).

Em seguida, exemplifica que uma pessoa do tipo A possui anticorpos Anti-B, não podendo receber sangue com antígenos diferentes daqueles que são encontrados em suas hemácias. A professora então pergunta aos estudantes se eles sabem qual o seu tipo sanguíneo e, a partir das respostas, inicia as explicações com operações de conjuntos.

## União

A união de dois ou mais conjuntos indicados por  $(A \cup B)$  é o conjunto dos elementos que pertencem a pelo menos um desses conjuntos ou a ambos. Assim, para determinar quais dos estudantes possuem pelo menos um dos antígenos podemos utilizar o diagrama de Venn para a representação (Figura 11 A). Os estudantes serão representados pelas iniciais de seus nomes.

$$A = \{M, PC, MP\}$$

$$B = \{B, MP\}$$

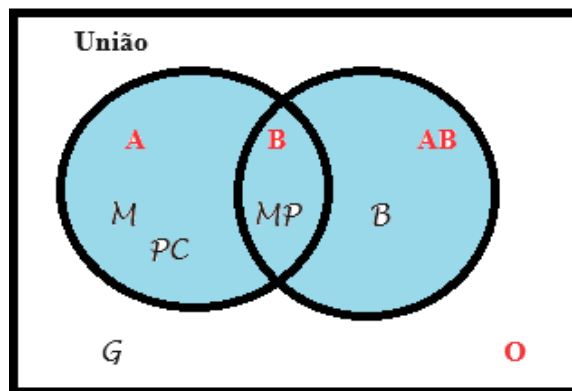
$$A \cup B = \{M, PC, MP, B\}$$

(Lê-se: A união B)

Observação: Nesse exemplo o estudante G não pertence a nenhum dos grupos, pois o seu grupo sanguíneo não possui nenhum antígeno.

$$A \cup B = \{x / x \in A \text{ ou } x \in B\}$$

Figura 11 A – Diagrama de Venn União



Fonte: Elaborado pesquisadora.

## Interseção

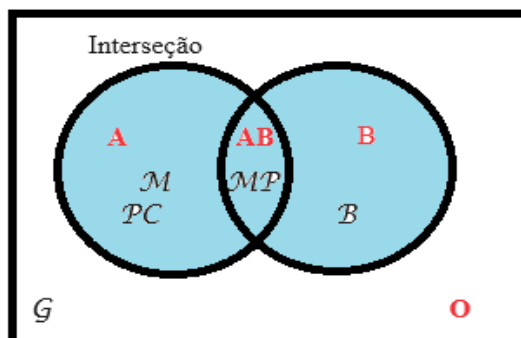
A interseção de dois conjuntos A e B, indicados por  $(A \cap B)$ , é o conjunto formado por elementos que pertencem a A e B simultaneamente:

$$A \cap B = \{x / x \in A \text{ e } x \in B\}$$

$$A \cap B = \{MP\}$$

(Lê-se: A interseção B), Figura 12 A.

Figura 12 A – Diagrama de Venn Interseção



Fonte: Elaborado pela pesquisadora.

### Diferença

A diferença entre dois conjuntos A e B, indicado por  $(A - B)$ , é o conjunto dos elementos que pertencem a A, mas não pertencem a B:

$$A - B = \{x / x \in A \text{ e } x \notin B\}$$

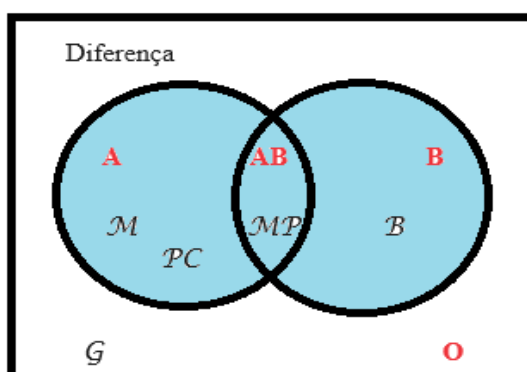
(Lê-se: A menos B)

No exemplo dado, os estudantes que possuem apenas o antígeno A, são aqueles que pertencem ao conjunto A e não pertencem ao conjunto B, assim:

$$A - B = \{M, PC, MP\} - \{B, MP\}$$

$$A - B = \{M, PC\}. \text{ Veja Figura 13 A.}$$

Figura 13 A – Diagrama de Venn Diferença



Fonte: Elaborado pela pesquisadora.

Ao final a professora pede aos estudantes que construam um quadro com os nomes dos estudantes para que possam observar quem poderia doar sangue para quem e quem poderia receber sangue de quem de acordo a tipagem sanguínea (Figura 14 A).

**Figura 14 A** – Quadro dos tipos sanguíneos

**Quem doa e quem recebe?**

| Recebem<br>Doam | A | B | AB | O |
|-----------------|---|---|----|---|
| A               | ● |   | ●  |   |
| B               |   | ● | ●  |   |
| AB              |   |   | ●  |   |
| O               | ● | ● | ●  | ● |

**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora utilizando o Canva for Education.

No final os estudantes constataam, com a ajuda da professora, quem nesse grupo de estudantes é doador universal e quem é receptor universal.



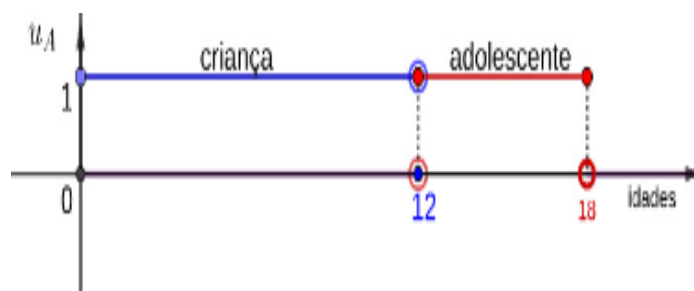
## 9ª AULA

Nesta aula a professora apresenta aos estudantes a definição de conjuntos *fuzzy* para estudar a velocidade de eliminação de medicamentos pelo organismo humano e para uma melhor compreensão sobre o assunto, inicia-se essa abordagem recordando a teoria clássica em que os conjuntos são conhecidos por "crisp" (termo oriundo da palavra inglesa *crispness*, isto é, definido, certo, preciso). Leva-se em consideração a pertinência de um elemento em relação a um conjunto, ou seja, o elemento pertence ao conjunto ou não pertence, conforme o que foi trabalhado na aula anterior. Assim, a função característica dos conjuntos clássicos é 1 se o elemento pertence ao conjunto e 0 se o elemento não pertence ao conjunto. Note que o conjunto clássico  $A$  de  $U$  tem a função característica de  $A$ , dada por:

$$u_A : U \rightarrow \{0, 1\}; \quad u_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \in A \\ 0, & \text{se } x \notin A. \end{cases}$$

A professora então faz a seguinte afirmação: De acordo com o ECA (Estatuto da Criança e do Adolescente) Art. 2º Considera-se criança, para os efeitos desta Lei, a pessoa até 12 anos de idade incompletos e adolescente entre 12 e 18 anos de idade. O gráfico da Figura 15 A representam as funções características dos conjuntos da criança e do adolescente, de acordo com o ECA.

**Figura 15 A** – Funções características dos conjuntos da criança e do adolescente

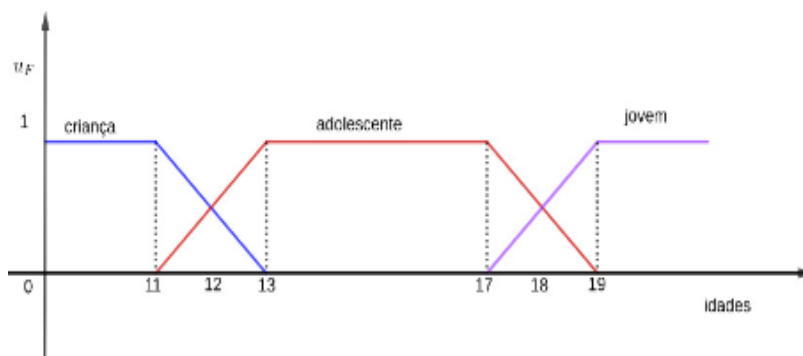


**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora utilizando o *software* livre *Geogebra*.

A professora questiona os estudantes: – Pode-se considerar uma pessoa de 11 anos e 9 meses um adolescente? E uma pessoa de 12 anos e um mês, pode ser considerada ainda criança? E um adolescente de 17 anos e 11 meses estaria mais para jovem do que para adolescente?

Com base nas respostas dos estudantes à pergunta anterior a professora apresenta os gráficos da Figura 16 A e questiona se estes gráficos estão mais adequados às respostas dadas por eles anteriormente.

**Figura 16 A** – Funções de pertinência dos conjuntos da criança e do adolescente



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora utilizando o *software* livre *Geogebra*.

De acordo com Silva (2018) o conjunto *fuzzy* é caracterizado por uma função de pertinência e o grau pode ser considerado como uma medida que expressa a possibilidade de que um elemento pertença ao conjunto. Indica-se a função de pertinência do conjunto *fuzzy*  $F$  do conjunto universo  $U$  da seguinte forma:

$$u_F: U \rightarrow [0,1].$$

Os valores  $u_F(x) = 1$  e  $u_F(x) = 0$  indicam, no primeiro caso, a pertinência completa do elemento  $x$  ao conjunto  $F$ , já no segundo caso o elemento  $x$  não pertence ao conjunto.

Para contextualizar, por volta de 1960, Lofti Zadeh apresentou o conceito de conjuntos *fuzzy* (ZADEH, 1965). A intenção foi a de significar termos linguísticos subjetivos como “aproximadamente”, “em torno de”. Essa teoria é uma ampliação dos conjuntos clássicos. Após essa breve explanação conceitual retoma-se o modelo de intoxicação por fármacos estudado anteriormente. Neste tipo de fenômeno biológico ocorrem muitas imprecisões sendo válida a aplicação da teoria dos conjuntos *fuzzy* no modelo proposto. O estudo apresentado neste trabalho se relaciona a fenômenos biológicos, sendo estes caracterizados por sua natureza dinâmica e pelo grau de incertezas que apresentam, podendo ser modelados pela teoria dos conjuntos *fuzzy* e aplicado na farmacocinética.

No modelo estudado considera-se a eliminação dos fármacos no organismo humano por meio dos rins e urina. De acordo com Lopes (2005) a velocidade com que essa eliminação ocorre depende da capacidade de eliminação renal, variando de indivíduo para indivíduo.

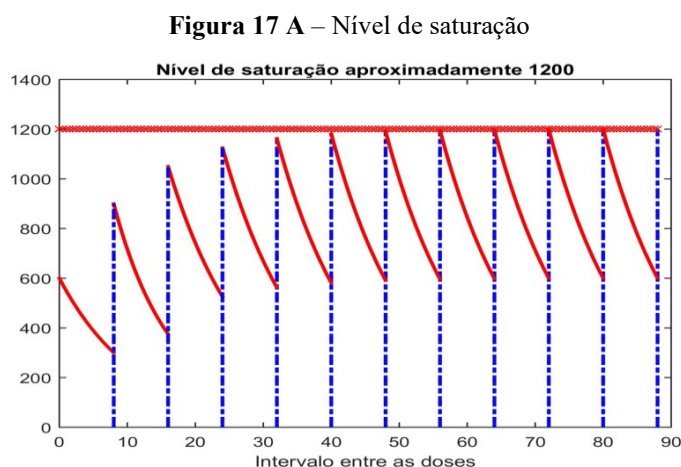
Um problema fundamental em Farmacologia é saber como cai a concentração de um fármaco no sangue de um indivíduo e o conhecimento deste fato permite estabelecer qual a dosagem a ser inserida e o intervalo de tempo que cada aplicação deve ser feita (BASSANEZI; FERREIRA, 1988).

É proposto aos estudantes que calculem a somatória residual a partir da equação (14),  $S_{10}$  e  $S_{11}$ . Os estudantes conseguem obter os seguintes resultados  $S_{10} = 1198,828125$  e  $S_{11} = 1199,4140625$ .

Em seguida é feito o questionamento: – Analisando esses valores o que podemos deduzir?

Os estudantes devem compreender após os cálculos realizados, que esses valores são indicadores de que os níveis de equilíbrio estão sendo atingidos pelo fármaco. Ressalta-se então que é importante compreender que, depois da administração de dosagens precisas seguindo intervalos regulares, a concentração do fármaco no organismo atinge níveis de equilíbrio, sendo esse valor relevante, pois trata-se da concentração máxima do fármaco suportada pelo organismo, também chamada de saturação máxima.

No modelo apresentado pode-se então concluir que a concentração máxima atingida pelo fármaco é de aproximadamente 1200 mg como observado no seguinte gráfico na Figura 17 A. Este gráfico foi elaborado a partir do modelo matemático apresentado na equação (2).



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora.

Na Figura 17 A observa-se a Modelagem Matemática do indivíduo que ingere uma dose do medicamento e ocorre a redução deste no organismo. Quando o indivíduo ingerir 11 doses, aproxima-se este valor da concentração do medicamento pelo maior inteiro que é 1200 mg, representando a concentração máxima.

Relembrando a 3<sup>a</sup> aula, tiveram acesso ao conceito da meia-vida sendo esta o intervalo de tempo em que a concentração do fármaco é reduzido à metade no plasma sanguíneo. A meia-vida plasmática fornece índices importantes na farmacocinética para que valores terapêuticos ou tóxicos possam ser analisados, assim como a duração e formas de administração do medicamento.

O conhecimento da meia-vida é útil para se conseguir a concentração máxima plasmática média constante. Esse platô da concentração constante é mantido pela repetição das doses com a finalidade de substituir a parte do fármaco eliminada (LOPES, JAFELICE, 2005).

Segundo Bassanezi e Ferreira (1988) a constante de eliminação ( $k$ ) do fármaco, considerando apenas a eliminação pelo sistema renal, é dada por:

$$k = 0,693/t_{\frac{1}{2}} \text{ em que } t_{\frac{1}{2}} \text{ é o tempo de meia-vida do fármaco.} \quad (15)$$

No modelo proposto a meia vida é de 8 horas, dessa forma pode-se afirmar que:

$$\begin{aligned} k &= 0,693/8 \\ k &= 0,0866. \end{aligned} \quad (16)$$

A saturação máxima do fármaco do organismo ( $y_s$ ) consoante com Bassanezi e Ferreira (1988), é dado por:

$$y_s = \frac{y_0}{1 - e^{-kT}},$$

Em que  $T$  é o intervalo entre as doses administradas e  $y_0$  é a dose inicial. No exemplo em estudo:

$$y_s = \frac{600}{1 - 2,7183^{-0,693}},$$

$$y_s = 1200,17. \quad (17)$$

Pode-se observar que a velocidade de eliminação  $k$  é um importante parâmetro para a análise dos riscos de intoxicação, vez que indivíduos com dificuldades de eliminação correm o risco de se intoxicarem em menor tempo porque eliminam menos resíduos, isso comparados a indivíduos com a velocidade de eliminação normal.

## 10ª AULA

Nesta aula é apresentado aos estudantes o software livre *FisPro* (*Fuzzy Inference System Professional*) e, em seguida é construído o SBRF do modelo estudado.

O software *FisPro* foi instalado previamente pela professora em todos os computadores do laboratório de informática para que os estudantes construíssem o SBRF com a mediação da professora regente.

No modelo em estudo as variáveis linguísticas de entrada são: a quantidade de medicamento e a velocidade de eliminação do fármaco no organismo do indivíduo e a variável de saída é o risco de intoxicação. A variável “quantidade de medicamento” possui um domínio de 0 a 3000 mg e a variável “velocidade de eliminação” tem o domínio de 0,03 a 0,0866. O valor 0,03 é considerado no modelo a menor velocidade de eliminação de um indivíduo e o valor 0,0866 é obtido na expressão (16). Os termos linguísticos das variáveis de entrada “quantidade de medicamento” são: Baixa, Média e Alta; já da “velocidade de eliminação” são: Muito baixa, Baixa e Normal. O domínio da variável de saída risco de eliminação está entre 0 e 1. Os termos linguísticos do risco de intoxicação são: Baixo, Médio e Alto.

As regras *fuzzy* são construídas baseadas no modelo em estudo apresentadas na Tabela 2 A.

Tabela 2 A - Base de Regras *Fuzzy*

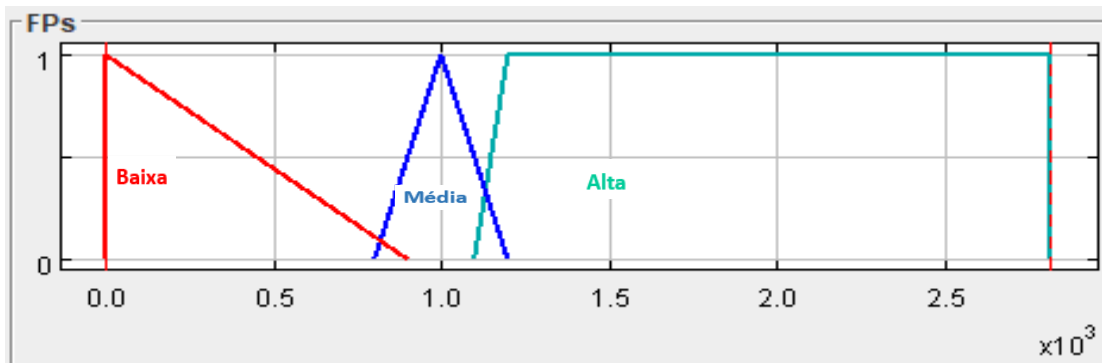
| Quantidade de Medicamento \ Velocidade | Baixa | Média | Alta |
|--|-------|-------|------|
| Muito baixa                            | Médio | Alto  | Alto |
| Baixa                                  | Médio | Médio | Alto |
| Normal                                 | Baixo | Médio | Alto |

Fonte: Elaborado pela pesquisadora.

Como exemplo de uma regra *fuzzy* observa-se de acordo com a Tabela 2 A:

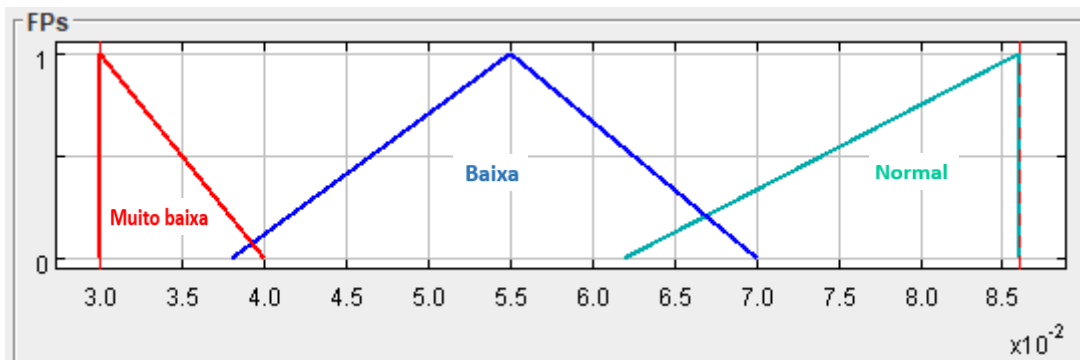
- Se a quantidade de medicamento é baixa e a velocidade de eliminação é baixa então o risco de intoxicação é médio;
- Se a quantidade de medicamento é alta e a velocidade de eliminação é muito baixa, logo o risco de intoxicação é alto.

**Figura 18 A-** Funções de pertinência (FPs) da quantidade de medicamento



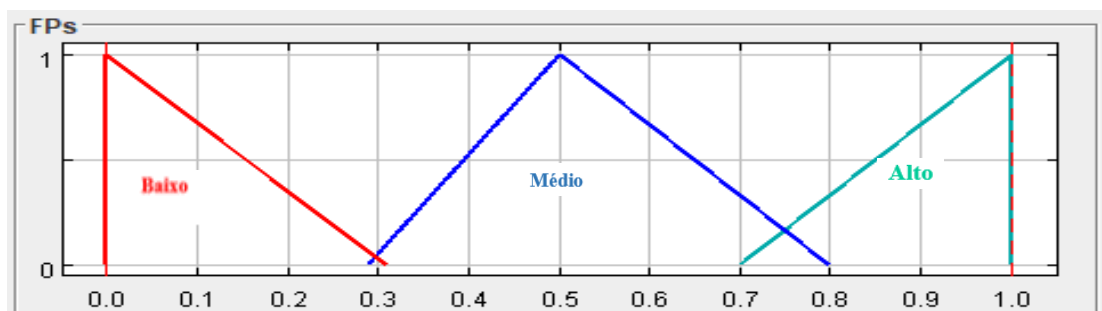
Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

**Figura 19 A -** Funções de pertinência (FPs) da velocidade de eliminação



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

**Figura 20 A -** Funções de pertinência (FPs) do risco de intoxicação

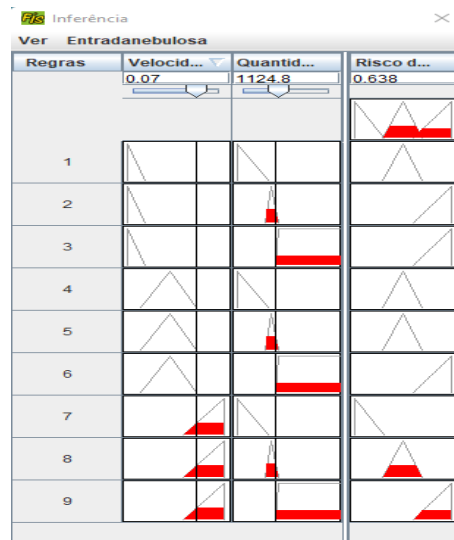


Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

Utilizando-se o *software FisPro* os estudantes constroem os gráficos das funções de pertinência das variáveis linguísticas de entrada (Figuras 18 A e 19 A) e das funções de pertinência da saída ( Figura 20 A). Em seguida, solicita-se que verifiquem a inferência (as regras pré-definidas são analisadas simultaneamente) e respondam: - Ao alterarmos a velocidade de eliminação, pode-se observar que o risco de intoxicação aumenta ou diminui?

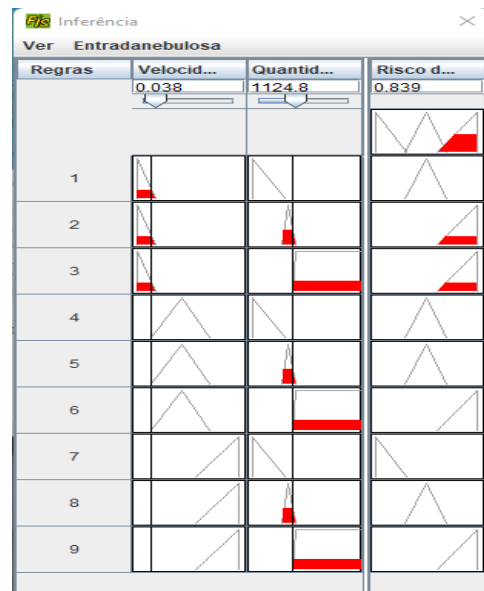
Na Figura 21 A introduzindo  $k = 0,07$  e quantidade de medicamento 1124,8 então o risco de intoxicação é 0,638. Se colocamos  $k = 0,038$  e a quantidade de medicamento 1124,8, o risco de intoxicação é 0,839 (Figura 22 A).

**Figura 21 A - Inferência**



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

**Figura 22 A - Inferência**

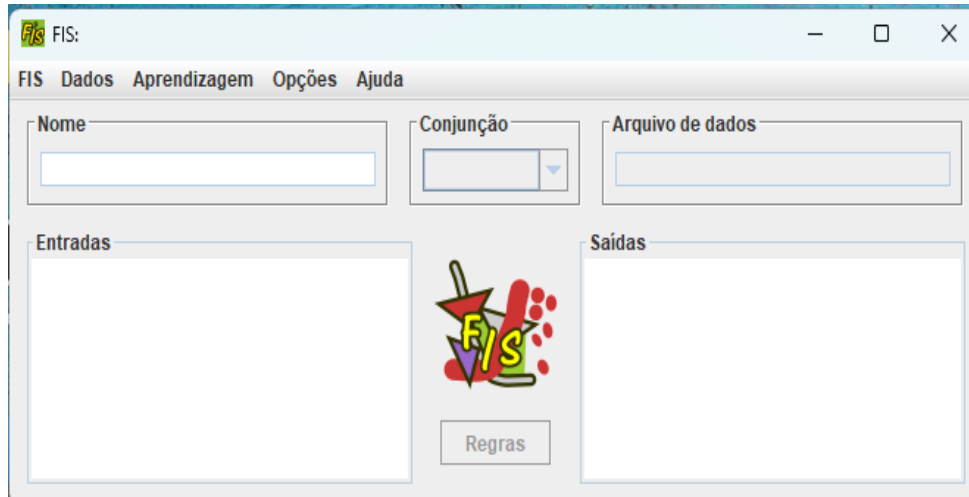


Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

A seguir, apresenta-se o passo a passo utilizado para a construção do SBRF do modelo em estudo com os estudantes. Para facilitar, as etapas podem ser exibidas em *datashow* e os estudantes realizarem a atividade em dupla.

1. Abra o *software FisPro* (Figura 23 A).

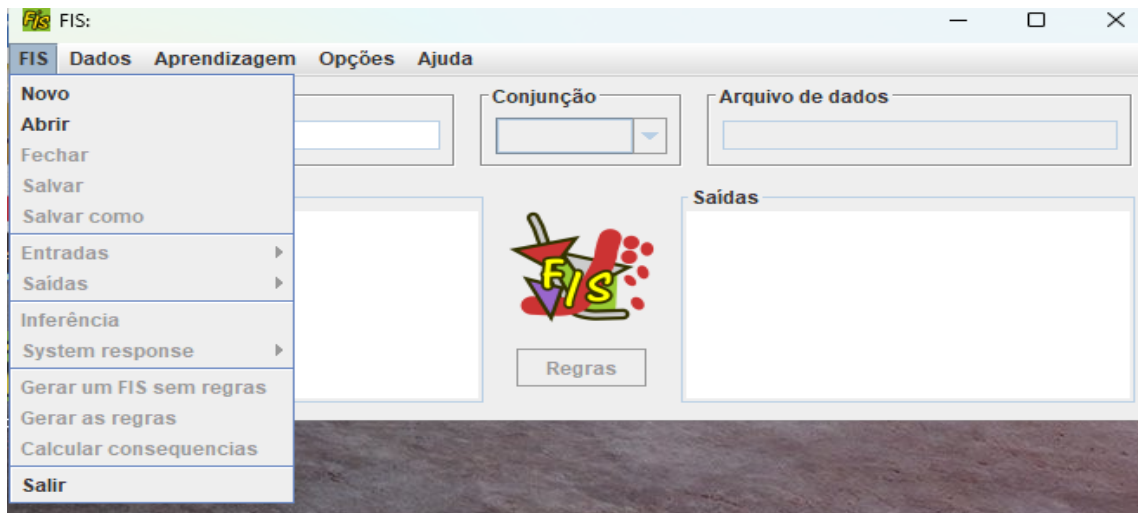
**Figura 23 A** – Janela inicial do *software FisPro*



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (*Software FisPro*).

2. Dê um clique em FIS e, na sequência, clique em Novo para criar um novo documento (Figura 24 A).

**Figura 24 A** – Janela do *software FisPro* para criar um novo documento

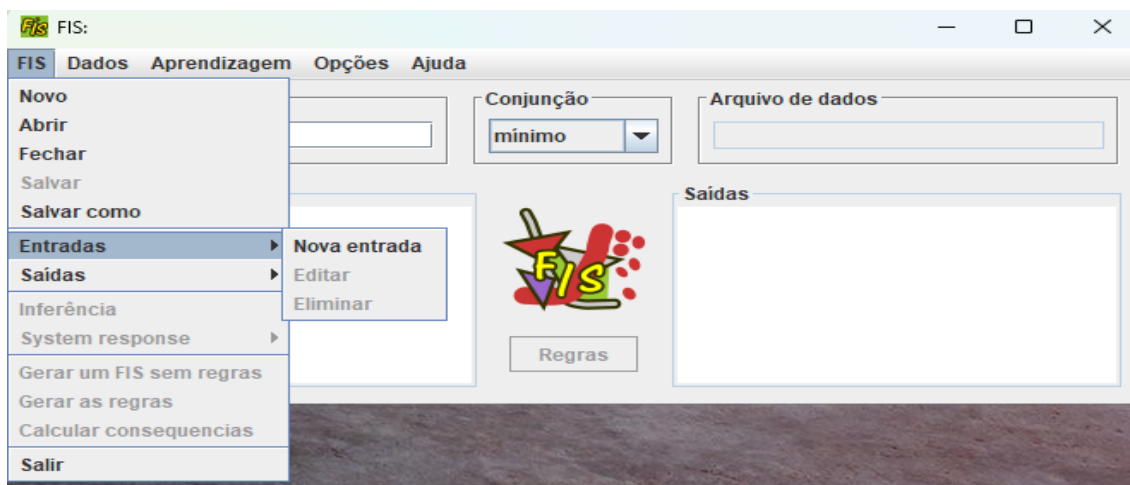


**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (*Software FisPro*).

3. Para inserir as variáveis de entrada clique sequencialmente em: FIS – Entrada – Nova Entrada (Figura 25A).



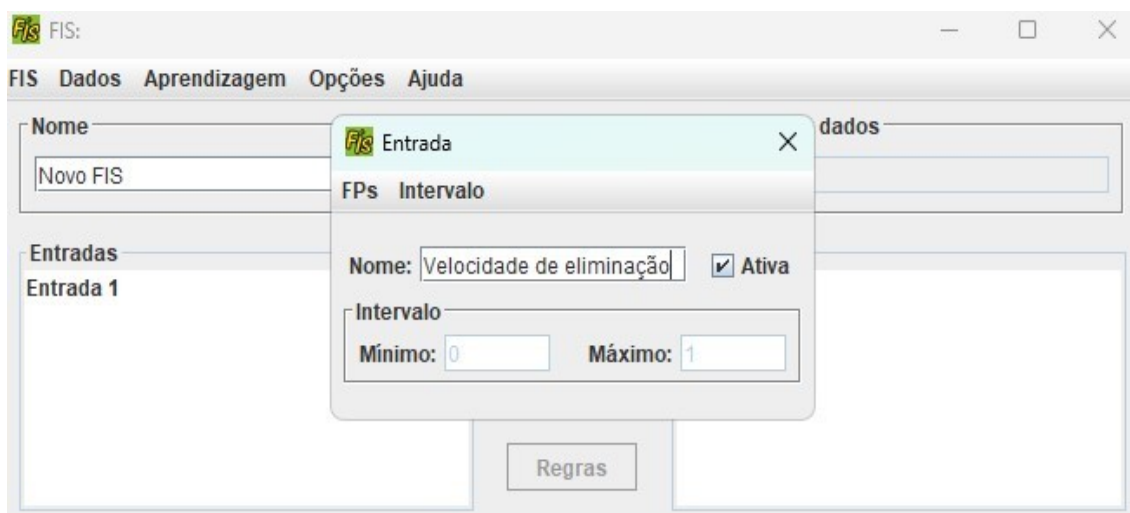
**Figura 25 A** – Adicionar uma nova entrada



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

4. Na janela aberta a seguir, adicione o nome e o domínio da variável (Figura 26 A).

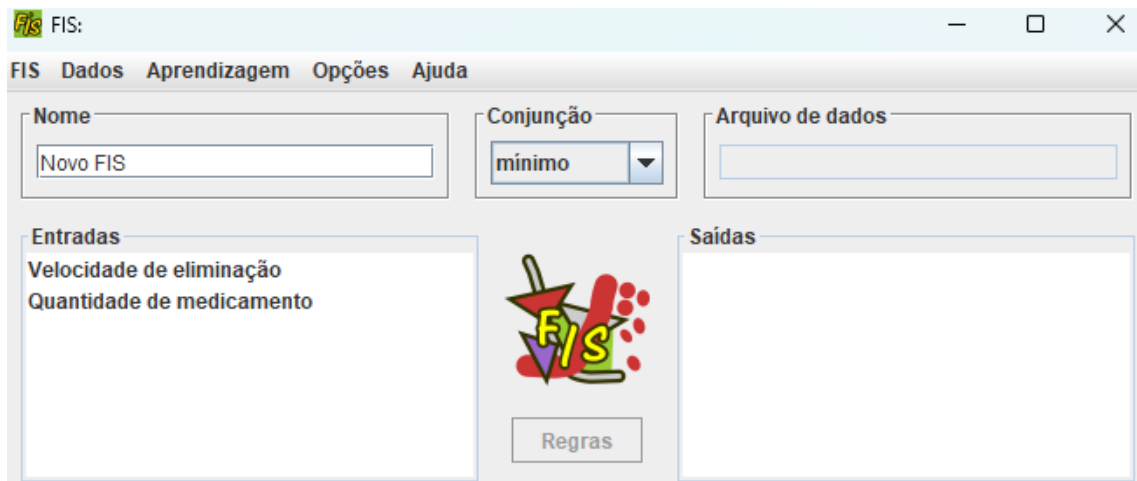
**Figura 26A** – Janela do *software FisPro* para adicionar uma nova entrada



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

5. Adicione a próxima variável de entrada do modelo em estudo ( Figura 27 A).

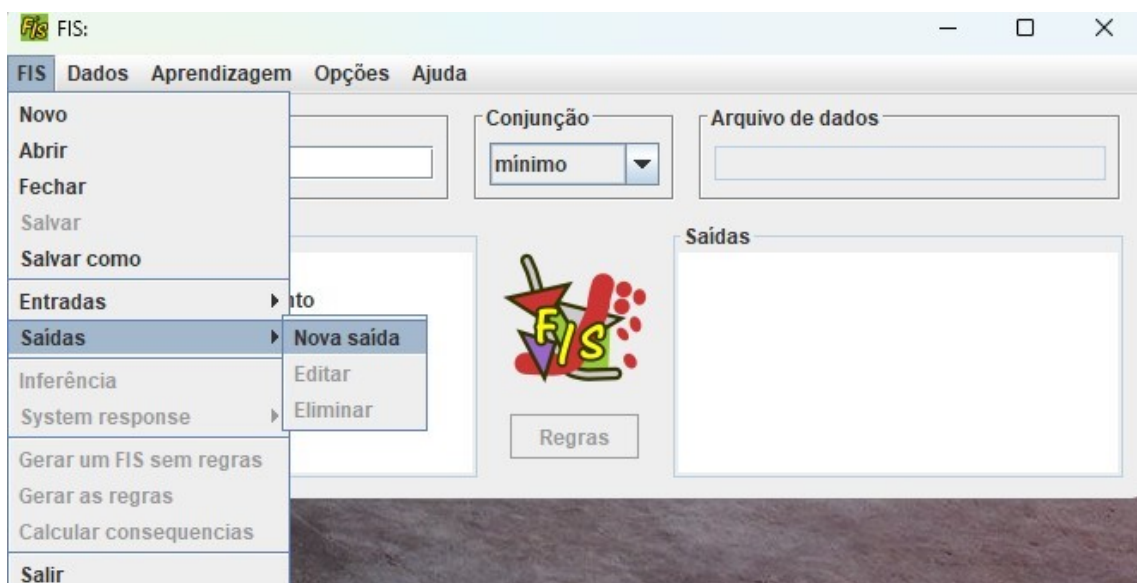
**Figura 27 A** – Variáveis de entrada do modelo em estudo



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

6. Adicione a variável de saída a partir da sequência: Clique em FIS – Saídas – Adicionar saída (Figura 28 A).

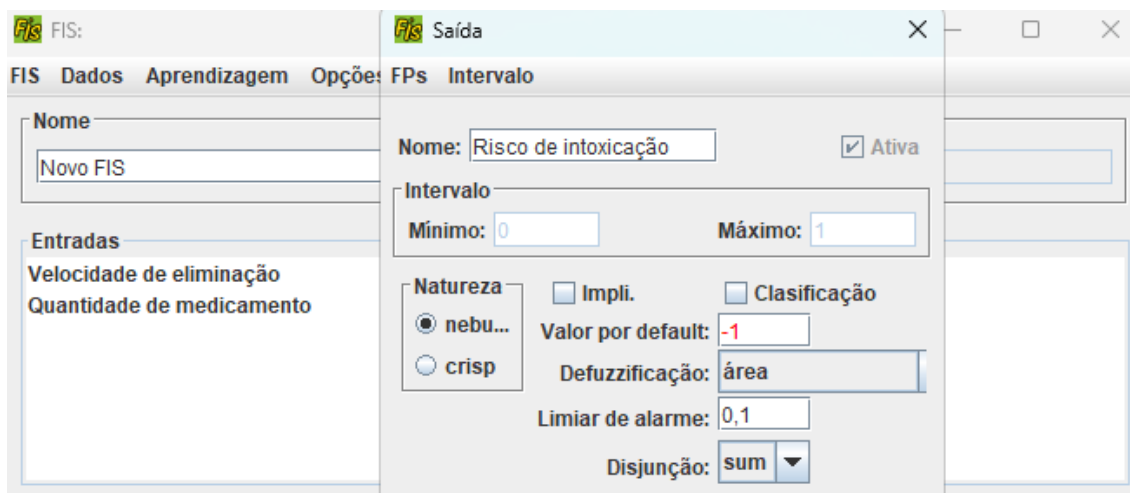
**Figura 28 A** – Adicionar as variáveis de saída do modelo estudo



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

7. Uma nova janela é aberta e nela são adicionados o nome da variável de saída, o intervalo do domínio da variável e a natureza *fuzzy* nebulosa (Figura 29 A).

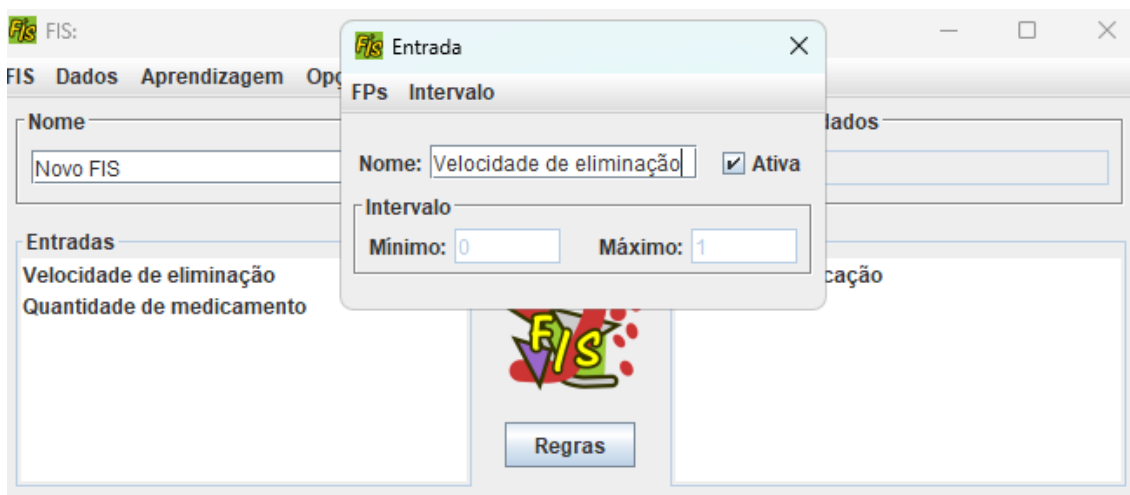
**Figura 29 A** – Adicionar a variável de saída do modelo em estudo



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

8. Em seguida, adicione os termos linguísticos às variáveis. Para isso, dê dois cliques sobre os nomes para que a janela de entrada se abra (Figura 30 A).

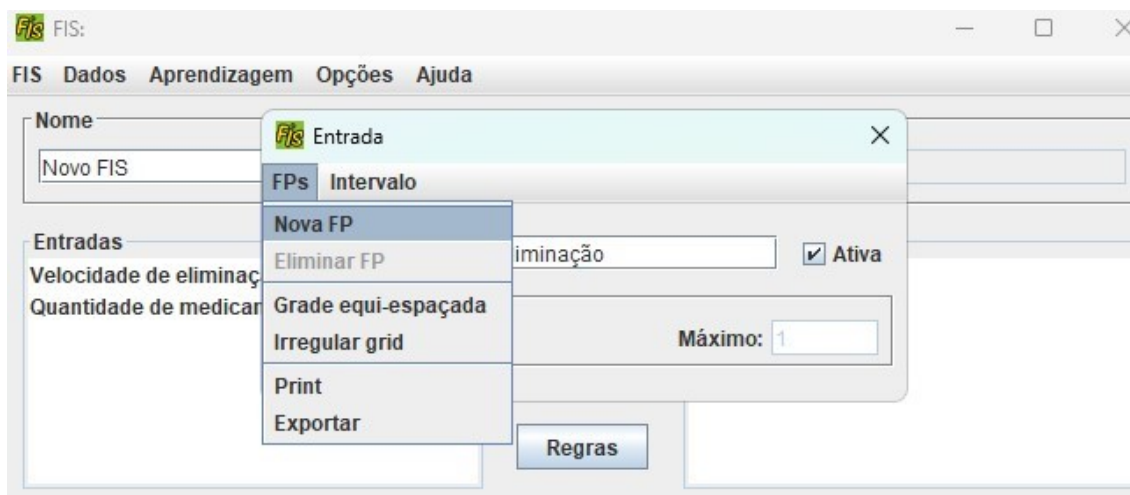
**Figura 30 A** – Adicionar as variáveis de saída do modelo em estudo



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

9. Para inserir os termos linguísticos clique em FPs e, posteriormente, em Nova FP ( Figura 31 A).

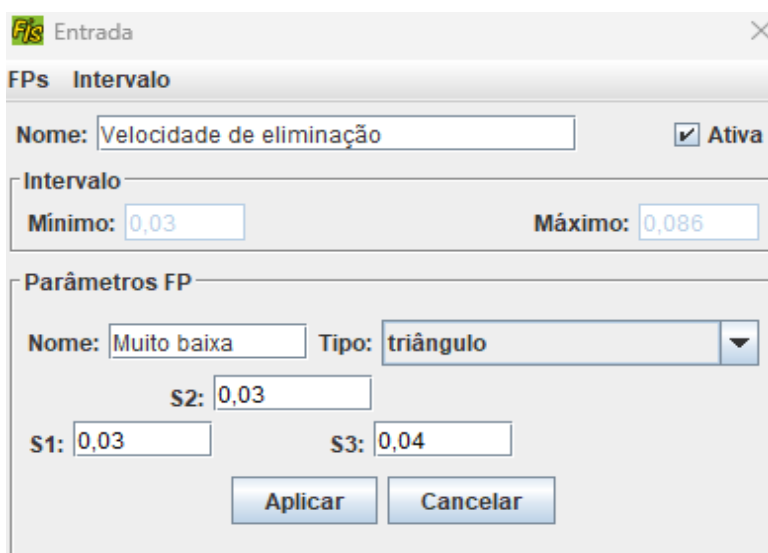
**Figura 31 A** – Nova FP variável de entrada



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

10. Insira os termos linguísticos das variáveis de entrada e saída; em seguida observe o nome da variável e o respectivo intervalo do domínio. Em FP insira os nomes dos termos linguísticos, o tipo e os intervalos para o domínio (Figura 32 A).

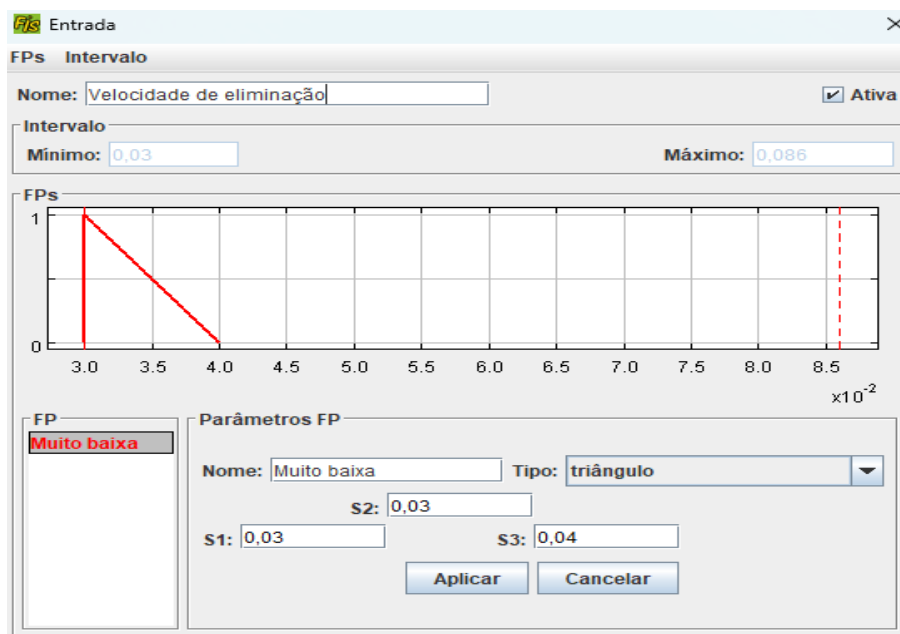
**Figura 32 A** – Adicionar uma nova FP



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

11. Clique em aplicar para abrir a janela das funções de pertinência (FPs) da variável e o gráfico (Figura 33 A).

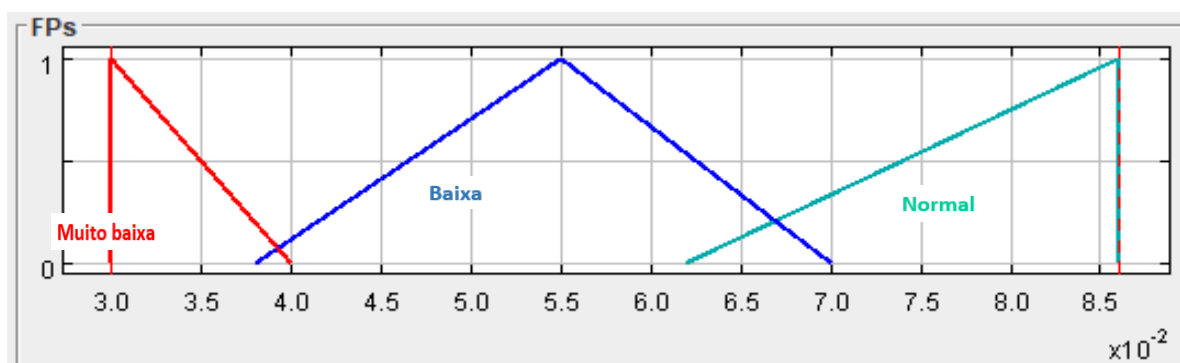
**Figura 33 A** – Função de pertinência da variável de entrada velocidade de eliminação



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

12. Na Figura 34 são apresentados os gráficos das funções da variável de entrada velocidade de eliminação. Os termos linguísticos utilizados são: Muito baixa, Baixa e Normal.

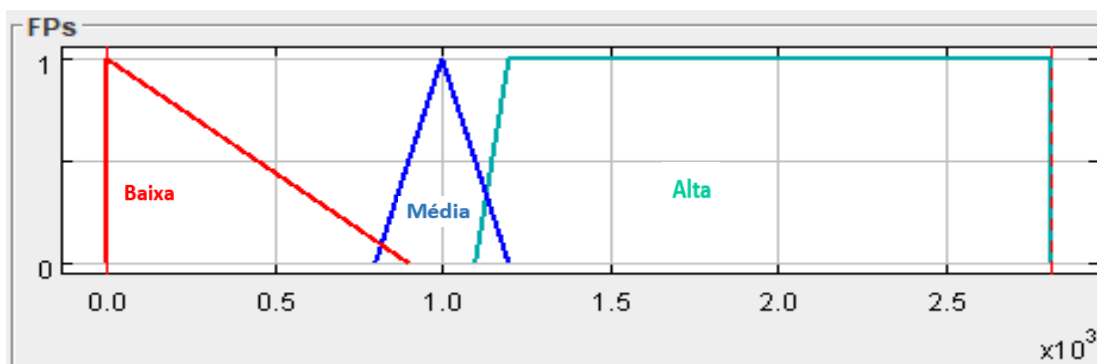
**Figura 34 A** – Funções de pertinência (FPs) da velocidade de eliminação



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

13. Na Figura 35 A são apresentados os gráficos das funções da variável de entrada quantidade de medicamento. Os termos linguísticos utilizados são: Baixa, Média e Alta. A variável “quantidade de medicamento” possui um domínio de 0 a 3000 mg.

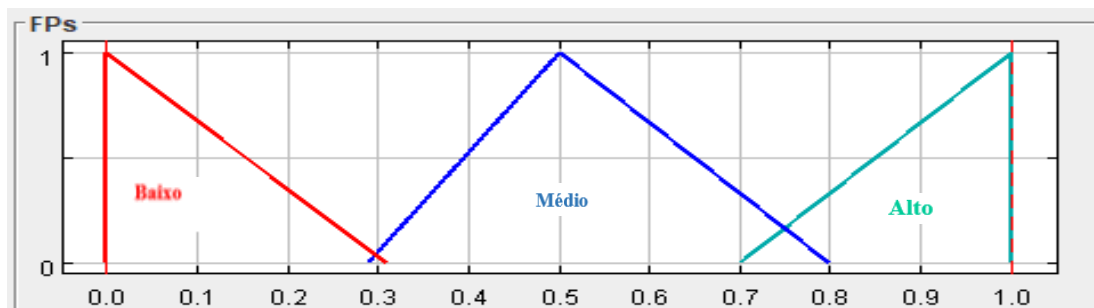
**Figura 35 A** – Funções de pertinência (FPs) da quantidade de medicamento em mg



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

14. A figura 36 A reserva-se aos gráficos das funções de pertinência do risco de intoxicação do organismo. Os termos linguísticos do risco de intoxicação são: Baixo, Médio e Alto. O domínio da variável de saída risco de eliminação está entre 0 e 1.

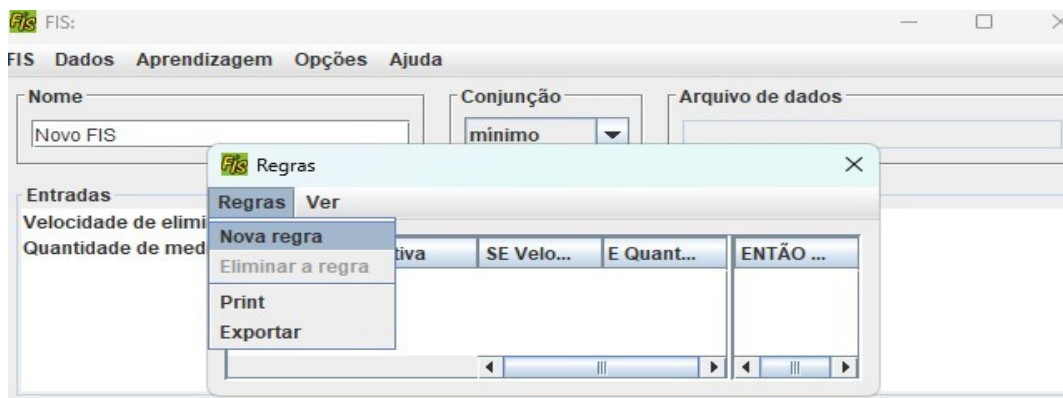
**Figura 36 A** – Funções de pertinência (FPs) do risco de intoxicação



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

15. Para construir a base de regras clique em Regras e, posteriormente, em Nova Regra (Figura 37 A). Na sequência, insira as possibilidades de combinação das variáveis de entrada.

**Figura 37 A – Janela de Regras**

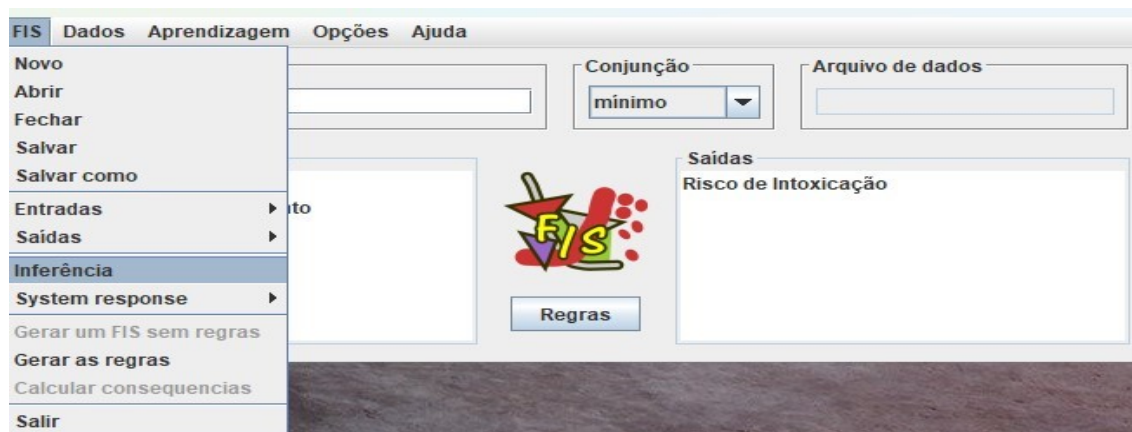


**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

Os estudantes controem juntamente com a professora a base de regras do modelo em estudo de acordo com a Tabela 2A.

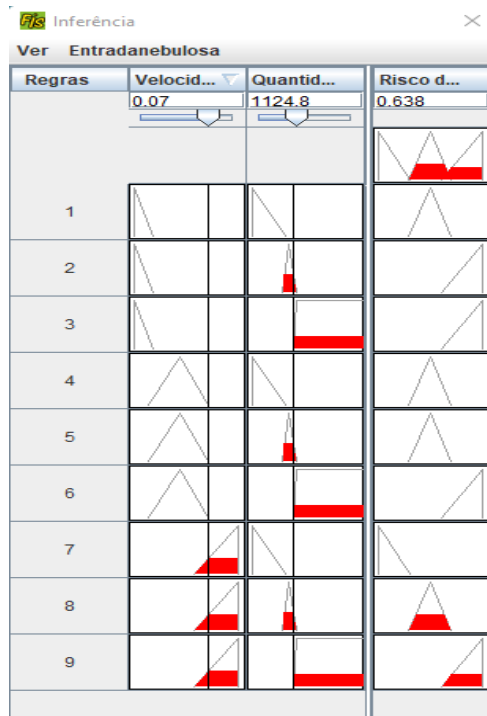
16. Para verificar o método de inferência clique em FIS e, em seguida, em Inferência de acordo com a Figura 38 A.

**Figura 38 A – Janela de Inferências**



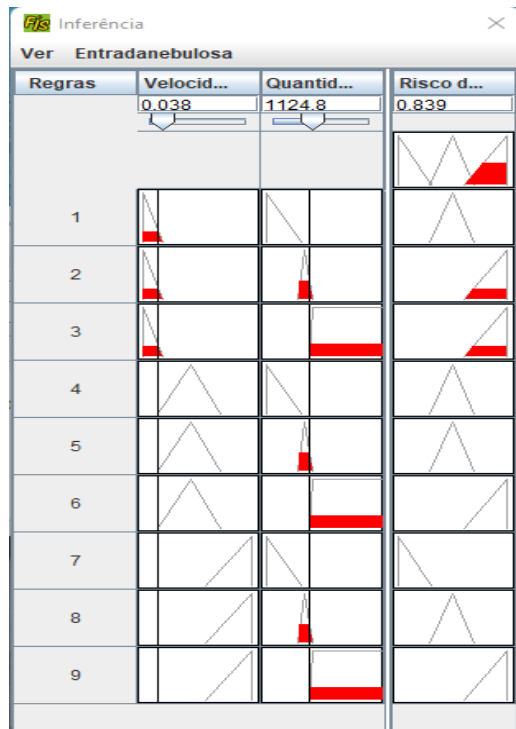
**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

**Figura 39 A – Inferência**



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

**Figura 40 A – Inferência**



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (Software *FisPro*).

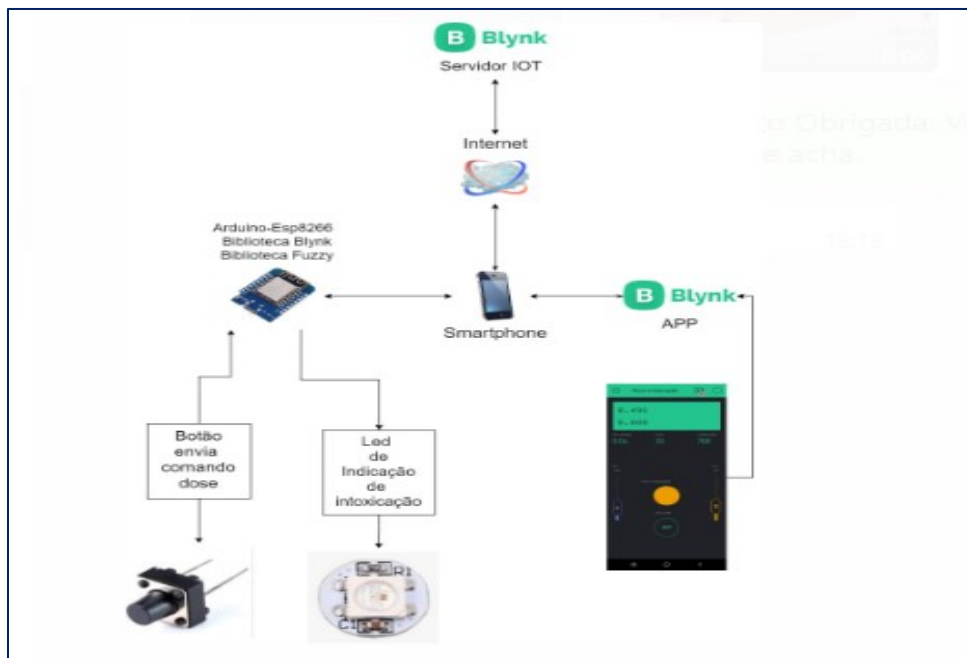


## 11ª AULA

Nesta aula é apresentado o protótipo de um organismo humano, representado por um boneco. A professora relata aos estudantes um pouco da história da construção do protótipo para que compreendam a utilização desse recurso tecnológico na atividade proposta. Inicialmente, explica que o SBRF construído com os estudantes na aula anterior também foi inserido no protótipo representado pelo boneco.

Um esquema do controle da intoxicação medicamentosa é apresentado a seguir na Figura 41 A.

**Figura 41 A** - Estrutura da ação da plataforma *Blynk*



**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora.

Para que haja a interface de controle e monitoramento do risco de intoxicação é utilizado a plataforma *Blynk*, desenvolvida para praticar a Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*), por meio de dispositivos móveis. Para isso, os estudantes devem instalar o aplicativo da plataforma *Blynk* em seus *smartphones*.

O SBRF que modela o risco de intoxicação e a quantidade de doses administradas serão captadas com o toque em um botão “sensor”, instalado na boca do boneco e sensível ao toque. No abdômen do protótipo é instalado um ponto de luz led por meio de um suporte. A luz será acionada representando sinais de alerta, ao piscar e variar as cores. As cores no abdômen do protótipo estão programadas da seguinte forma:

- ✓ Se o risco está entre  $[0 ; 0,3)$ , então a luz verde acende;
- ✓ Se o risco está entre  $[0,3 ; 0,8)$ , então a luz amarela acende;
- ✓ Se o risco está entre  $[0,8 ; 1]$ , então a luz vermelha acende.

Os estudantes fazem simulações com o protótipo para verificação do possível risco de intoxicação, inserindo dados de quantidade de medicamento e velocidade de eliminação no dispositivo instalado no *smartphone*.

## 12ª AULA

Esta aula tem como objetivo avaliar o aprendizado dos estudantes a partir de uma ferramenta tecnológica, o jogo. Utiliza-se o *Kahoot*, plataforma de aprendizagem que permite criar e aplicar a avaliação da aprendizagem de forma lúdica, dinâmica e interativa com um jogo ao vivo e em formato *quiz*. Como objetivo desta proposta metodológica os estudantes devem responder a 12 questões organizadas em quatro áreas do conhecimento: Biologia, Matemática, Química e Matemática Aplicada, abordando o que foi trabalhado com eles anteriormente. O tempo total de duração do jogo é de 30 minutos. As questões possuem um tempo aproximado entre 1 e 4 minutos, podendo ser maior ou menor de acordo com o grau de dificuldade do estudante.

Nesta atividade os estudantes utilizam o laboratório de informática e, a partir de um navegador, acessam a página do *Kahoot* inserindo uma senha de acesso “Game Pin”, fornecida pela professora. Para a participação dos estudantes em atividades no *Kahoot* não é necessário que eles tenham o registro na plataforma, bastando apenas a senha para o acesso (Figura 42 A). A participação ocorre de forma individual, logo cada estudante faz o seu registro com o seu nome ou um apelido. O jogo tem uma proposta divertida já que os estudantes podem montar os seus próprios personagens, escolhendo os acessórios de acordo com suas preferências.

O jogo deve ser exibido em *datashow*, oportunizando aos estudantes acompanharem juntos todas as etapas e com o feedback instantâneo de cada resposta no placar. No final do jogo, a professora deverá expor o pódio para o primeiro, o segundo e o terceiro lugares, bem como o número de acertos de cada um e a pontuação total obtida. O jogo permite exportar o relatório detalhado para uma melhor avaliação do número de acertos e erros por questão, assim como o tempo de resposta das questões. O *feedback* deixado no jogo pelos estudantes também permite a avaliação do quanto o jogo foi apreciado pelos estudantes.

Nesta proposta metodológica o jogo tem caráter avaliativo, porém ressalta-se que a avaliação é um processo contínuo e na proposta desenvolvida neste trabalho ocorre desde o início.

As imagens das Figuras 42 A e 43 A ilustram o cenário do jogo.

Figura 42 A – Tela do jogo



Fonte: kahoot.it

Figura 43 A – Questão do jogo na plataforma Kahoot



Fonte: Elaborado pela pesquisadora utilizando a plataforma Kahoot.

As seguir estão disponibilizadas as perguntas do jogo de acordo com as áreas anteriormente citadas.

Biologia:

1) (AMGGESTÃO, 2021) A automedicação é o ato de tomar remédios por conta própria, sem a orientação de um médico, o que pode acarretar sérios riscos à saúde. Qual das alternativas representa um risco causado pela automedicação?

- a) Intoxicação
- b) Reação Alérgica
- c) Interação Medicamentosa
- d) Todas as alternativas anteriores**

2) As bulas de medicamentos em geral apresentam muitos termos técnicos o que muitas vezes dificulta o seu entendimento. Em relação ao termo superdosagem, podemos dizer que é o mesmo que:

- a) Posologia
- b) Reação adversa
- c) Interação medicamentosa
- d) Overdose**

3) (PORTAL EDUCAÇÃO, s.d) Sobre o conceito de meia-vida, qual é a alternativa falsa:

- a) A meia-vida relaciona-se diretamente com a variável tempo
- b) Não fornece dados relevantes para a escolha de uma posologia correta**
- c) Representa o tempo necessário para que a concentração plasmática inicial de um medicamento no organismo se reduza à metade
- d) Fornece dados que facilitam a interpretação dos efeitos terapêuticos ou tóxicos do medicamento no organismo

4) (Unec – Caratinga/2021) Um rapaz, após se acidentar gravemente, precisou de doação de sangue. Foi realizado o exame para saber a sua tipagem sanguínea e o resultado mostrou que o seu sangue aglutinou com a solução contendo aglutininas anti-B. Sabe-se que a sua mãe e o seu pai apresentam o mesmo tipo sanguíneo e são receptores universais. Quais os tipos sanguíneos do rapaz e de seus pais, respectivamente?

- a) A e O
- b) B e O
- c) A e AB
- d) B e AB**

Matemática:

5) A razão da PG (1,5,25,125,625) é:

- a) 5**
- b) 10
- c) 15
- d) 25

6) (UFRGS 2020 - Adaptada) Considere que a meia-vida de um determinado medicamento é de 6 horas. Sabendo que um paciente ingeriu 120 mg desse medicamento às 10 horas, assinale a alternativa que representa a melhor aproximação para a concentração desse medicamento, no organismo desse paciente, às 16 horas do dia seguinte.

- a) 2,75 mg
- b) 3 mg
- c) 3,75 mg**
- d) 4

7) A soma dos 7 primeiros termos da PG (3,6,12, ...) é:

- a) 3069
- b) 1533
- c) 765
- d) 381**

#### Química

8) Denomina-se Titulação o experimento prático realizado pelos estudantes do 2º A. Dentre os materiais de vidraria citados abaixo, qual deles NÃO foi utilizado neste experimento?

- a) Becker
- b) Bureta graduada
- c) Proveta
- d) Tubo de ensaio**

9) A fenolftaleína, indicador utilizado no experimento laboratorial, permite a verificação da viragem (mudança de cor do indicador). Em nosso experimento este processo é realizado mais de uma vez e observa-se que a cor rosa apresenta uma tonalidade mais forte que nas etapas anteriores, simulando:

- a) O nível máximo de saturação do fármaco atingido pelo organismo**
- b) Baixo risco de intoxicação do organismo pelo fármaco
- c) Não há riscos de intoxicação
- d) N.d.a

## Matemática Aplicada

10) Qual das proposições abaixo mais se aproxima da lógica *fuzzy*?

- a) **Conjunto dos estudantes do 2º A de estatura alta**
- b) Conjunto dos números múltiplos de 3 e abaixo de 15
- c) Conjuntos dos estudantes colecionadores do 2ºA
- d) Conjuntos dos estudantes do 2º A pertencentes ao grupo sanguíneo do tipo A

11) De acordo com a Base de Regras *Fuzzy* construída baseada no modelo em estudo, podemos concluir que se a quantidade de medicamento é Alta e a velocidade de eliminação pelo organismo é Baixa, então o risco de intoxicação é:

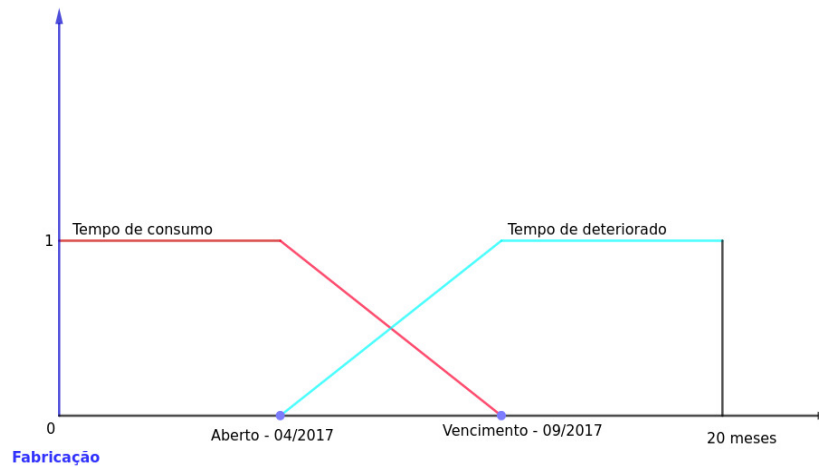
- a) Baixo
- b) Médio
- c) **Alto**
- d) Não há riscos de intoxicação.

12) (ISGH) Em alguns tipos de medicamentos como por exemplo: soluções orais/gotas industrializadas e suspensões orais extemporâneas (pó), a data de abertura do medicamento influencia no seu prazo de validade. Neste caso, o prazo de validade é de 6 meses e 25% do tempo restante entre a data de abertura do medicamento e o prazo de validade.

Veja o exemplo: Um medicamento é aberto em 04/2017, com vencimento em 12/2018: faltam 20 meses para vencer:  $20/04$  (25% do tempo) = 5 meses. Logo, o prazo de validade será 09/2017.

Uma representação gráfica do exemplo através de conjuntos *fuzzy* é apresentada na Figura 44 A.

**Figura 44 A - Funções de pertinência do tempo de validade**



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2022).

Escolha a alternativa falsa observando o gráfico da Figura 44 A e marque-a:

- O grau de pertinência para tempo de deterioramento da fabricação do medicamento até 04/2017 é zero.
- De 09/2017 até os 20 meses de fabricação do medicamento o grau de pertinência de deterioramento do medicamento é (1) um.
- No período entre a abertura e o vencimento do medicamento tem-se apenas grau de pertinência para tempo de consumo.**
- O grau de pertinência para tempo de consumo da fabricação até a abertura do medicamento é (1) um.