



# Universidade de Brasília

**FACULDADE UnB PLANALTINA**

**Curso de Licenciatura em Ciências Naturais**

**VICENTE LUÍS CORREIA LIMA BORGES**

**PENSAMENTO SISTÊMICO E O ENSINO DE CIÊNCIAS:**  
**um estudo sobre homeostase utilizando *softwares livres***  
**como recursos didáticos**

**Planaltina - DF**

**Setembro 2024**



# Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLAALTINA

VICENTE LUÍS CORREIA LIMA BORGES

**PENSAMENTO SISTÊMICO E O ENSINO DE CIÊNCIAS:**  
**um estudo sobre homeostase utilizando a *softwares livres***  
**como recursos didáticos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora, como exigência parcial para a obtenção de título de Licenciado do Curso de Ciências Naturais, da Faculdade UnB Planaltina, sob a orientação do Prof. Dr. Ismael Victor de Lucena Costa

Planaltina - DF

Setembro 2024

**PENSAMENTO SISTÊMICO E O ENSINO DE CIÊNCIAS:  
Um estudo sobre homeostase utilizando a *softwares livres* como recursos  
didáticos**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora, como exigência parcial para a  
obtenção de título de Licenciado do Curso de Ciências Naturais, da Faculdade UnB Planaltina, sob a  
orientação do Prof. Dr. Ismael Victor de Lucena Costa**

---

Prof. Dr. Ismael Victor de Lucena Costa – Orientador  
Faculdade UnB Planaltina

---

Prof. Dr. Franco de Salles Porto – Professor da disciplina  
Faculdade UnB Planaltina

---

Prof. Dr. Danilo Arruda Furtado – Professor convidado  
Faculdade UnB Planaltina

**Planaltina, 2 de setembro de 2024**

*A todas as mais de 700 mil pessoas mortas de COVID-19 no Brasil, eternas nos nossos corações.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, a minha mãe Irlanda Aglae Correia Lima Borges e ao meu pai Ricardo Borges Oliveira. A minha irmã Tarsila Correia Lima Borges. Aos meus avôs Maria Vesper Bandeira Correia Lima; Neusa Borges Oliveira; Mário Ernesto Pinto Magalhães Correia Lima (*in memoriam*); Raymundo de Jesus Oliveira (*in memoriam*). Aos meus tios Ernesto Hipólito Bandeira Correia Lima; José Mario Ribeiro da Costa Neto; Nádia Bandeira Sacenco Kornijezuk; Ana Jacira Borges Oliveira; Marisa Borges Oliveira; Eduardo Borges Oliveira; Isabel Borges Oliveira. A todos os ensinamentos de vida e toda a contribuição acadêmica que tive o privilégio de aprender de perto.

As minhas amigas Jandelma Silva Paiva e Joceli de Macedo Pereira por cuidarem de mim. Aos meus amigos André Luiz Bernadinho Magalhães e Antônio Mendes de Carvalho pelos aprendizados e conselhos de vida.

Aos meus amigos de infância que sempre estiveram comigo em todos os momentos.

Às amigas que a Universidade de Brasília me proporcionou, sobretudo o Campus UnB Planaltina (FUP) que mudou a minha forma de ver a universidade, as ciências e o ensino.

Aos projetos em que tive a honra de participar durante a graduação: “O que contam as avaliações da educação básica: diálogos entre currículo e avaliação”, “Semana Universitária 2022”, “Escola nas Estrelas”, “Residência Pedagógica” e aos seus respectivos coordenadores.

Aos meus professores que tanto me ensinaram nessa trajetória, sobretudo ao meu orientador, o Professor Doutor Ismael Victor de Lucena Costa, pela pessoa generosa que é, pelos aprendizados e paciência nesse processo.

Aos professores Danilo Arruda Furtado e Franco de Salles Porto por toda a contribuição dada ao trabalho.

Aos meus perceptores que me guiaram no caminho da docência, Áurea Saotomi Sone, Juliana de Freitas Azevedo, Gabriel Rizério de Brito, Erick Ferreira dos Santos.

À Companhia da Ilusão e ao seu fundador Alberto Bruno, pela minha formação como ator que contribuiu imensamente para a minha formação docente.

Ao Centro Interescolar de Línguas 2 (CIL 2), pela formação continuada e humana, em especial a professora Ana Paula Cavalcante de Albuquerque pela seus ensinamentos e dedicação.

Ao presidente Luiz Inácio Lula da Silva por toda a contribuição para a educação pública e de qualidade, pela construção do Campus UnB Planaltina, por salvar a democracia e por nunca desistir daqueles que mais precisam.

## RESUMO

Diante do avanço tecnológico produzido nas últimas décadas, recursos didáticos digitais tornaram-se cada vez mais acessíveis, facilitando o aprendizado de conteúdos complexos por meio de linguagens mais modernas de computador. No Brasil, o pensamento sistêmico é uma linguagem ainda pouco explorada, devido à escassez de estudos na área. O ensino de ciências contempla uma imensa variedade de conteúdos, no entanto, este trabalho está relacionado ao eixo “vida e evolução”. Portanto, este trabalho propõe a construção de modelos em pensamento sistêmico dentro da área do ensino de ciências, com ênfase na homeostase, utilizando os *softwares* livres *Insight Maker* e *Loopy* como ferramentas didáticas em uma proposta acadêmica.

**Palavras-chave:** homeostase; pensamento sistêmico; recursos didáticos; Insight Maker

## ABSTRACT

In light of the technological advancements produced in recent decades, digital didactic resources have become increasingly accessible, facilitating the learning of complex content through more modern computer languages. In Brazil, systems thinking is still a relatively unexplored approach due to the scarcity of studies in the field. The teaching of science encompasses a vast array of content; however, this work is related to the 'life and evolution' axis. Therefore, this work proposes the construction of models in systems thinking within the field of science education, with an emphasis on homeostasis, using the free software *Insight Maker* and *Loopy* as didactic tools in an academic proposal.

**Keywords:** homeostasis; systemic thinking; educational resources; Insight Maker

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Diagrama causal da população .....	13
<b>Figura 2</b> – Diagrama causal de cobras e coelhos por meio do Loopy. ....	13
<b>Figura 3</b> – Diagrama causal do trabalho de parto por meio do Loopy. ....	18
<b>Figura 4</b> – Diagrama causal do trabalho de parto por meio do Insight Maker. ....	18
<b>Figura 5</b> – Diagrama causal da concentração de oxigênio por meio do Loopy.....	19
<b>Figura 6</b> – Diagrama causal da concentração de oxigênio por meio do Insight Maker.....	19
<b>Figura 7</b> – Diagrama causal da concentração de nutrientes por meio do Loopy. ....	20
<b>Figura 8</b> – Diagrama causal da concentração de nutrientes por meio do Insight Maker.....	20
<b>Figura 9</b> – Diagrama causal da Glicemia por meio do Loopy. ....	21
<b>Figura 10</b> – Diagrama causal da Glicemia por meio do Insight Maker. ....	21
<b>Figura 11</b> – Diagrama causal da concentração de íons por meio do Loopy. ....	22
<b>Figura 12</b> – Diagrama causal da concentração de íons por meio do Insight Maker. ....	22
<b>Figura 13</b> – Diagrama causal da ACT 1 por meio do Loopy. ....	23
<b>Figura 14</b> – Diagrama causal da ACT 1 por meio do Insight Maker. ....	23
<b>Figura 15</b> – Diagrama causal da ACT 2 por meio do Loopy. ....	24
<b>Figura 16</b> – Diagrama causal da ACT 2 por meio do Insight Maker. ....	24
<b>Figura 17</b> – Diagrama causal da massa corporal por meio do Loopy.....	25
<b>Figura 18</b> – Diagrama causal da massa corporal por meio do Insight Maker. ....	25
<b>Figura 19</b> – Diagrama causal da regulação de temperatura 1 por meio do Loopy. ....	26
<b>Figura 20</b> – Diagrama causal da regulação de temperatura 1 por meio do Insight Maker. ....	26
<b>Figura 21</b> – Diagrama causal da regulação de temperatura 2 por meio do Loopy. ....	27
<b>Figura 22</b> – Diagrama causal da regulação de temperatura 2 por meio do Insight Maker. ....	27

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	8
1.1 Problemática .....	8
1.2 Objetivos.....	8
1.2.1 Objetivo Geral .....	8
1.2.2 Objetivos Específicos .....	8
1.3 Justificativa .....	9
2 PENSAMENTO SISTÊMICO .....	9
2.1 Introdução histórica .....	9
2.2 Sistema e seus componentes .....	10
2.3 Propriedades do sistema .....	11
2.4 Diferença entre Dinâmica de sistemas e Pensamento Sistêmico.....	11
2.5 Ciclos de feedback.....	12
2.6 Diagramas causais .....	12
3 RECURSOS DIDÁTICOS .....	13
3.1 Introdução histórica .....	13
3.2 O ensino de ciências no Brasil e recursos didáticos .....	14
3.3 Softwares livres .....	15
4 METODOLOGIA.....	16
5 HOMEOSTASE.....	17
5.1 Fundamentos da homeostase .....	17
5.1.1 Feedback positivo e o trabalho de parto .....	17
5.1.2 Homeostase da concentração de oxigênio .....	18
5.1.3 Homeostase da concentração de nutrientes .....	19
5.1.4 Homeostase da Glicemia .....	20
5.1.5 Homeostase da concentração de íons .....	21
5.1.6 Homeostase da concentração de água.....	22
5.1.7 Homeostase da temperatura corporal.....	25
5.2. Plano de aula sobre Homeostase.....	28
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	29
Referências .....	30

# 1 INTRODUÇÃO

A educação é um desafio que precisa estar intimamente ligada à necessidade dos estudantes (Freire, 2005). Muitos jovens se sentem desconectados do método pedagógico comumente empregado de aulas mais expositivas, que mitiga a individualidade dos estudantes, obrigando-os a apenas reproduzir, desincentivando a sua criatividade (Ferreira *et al.*, 2020). Portanto, é recomendável utilizar ferramentas educacionais que tornem o ensino mais envolvente e interessante.

A linguagem de pensamento sistêmico pode ser uma ferramenta interessante para engajar os estudantes que não se adaptam ao modelo atual e priorizam mais as habilidades criativas. Além disso, no mercado de trabalho é essencial que os funcionários entendam como os elementos do seu trabalho estão conectados para poder atuar de maneira mais eficiente.

A presente pesquisa apresenta um recorte didático sobre um subtema dentro da fisiologia: a homeostase, conteúdo do 6º ano do Ensino Fundamental II, conforme o Currículo em Movimento do Distrito Federal, além de estar previsto dentro da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Vale ressaltar que esses modelos também podem ser aplicados nos ensinos médio e superior no país. A homeostase é o processo de regulação que mantém o organismo em equilíbrio interno, apesar das mudanças no ambiente externo, ou seja, suas funções e reações físico-químicas permanecerem dentro das condições relativamente constantes para a manutenção da vida (Dicio, 2024). Esse processo abrange vários fenômenos associados à vida dos estudantes e pode ser modelado de diferentes formas.

## 1.1 Problemática

Os *softwares* livres como *Insight Maker* e *Loopy* podem ser utilizados como ferramentas didáticas voltadas para o aprendizado dos estudantes sobre homeostase?

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

Utilizar a linguagem de sistemas por meio de ferramentas digitais com conceitos científicos, como a homeostase, para facilitar a compreensão dos estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

1. Incentivar o emprego que incentivam o pensamento sistêmico nas escolas;
2. Apresentar como se faz um modelo sistêmico usando *softwares* livres;
3. Ensinar o conceito de homeostase a partir da modelagem sistêmica.
4. Propor um plano de aula sobre homeostase como contribuição.

### 1.3 Justificativa

Nos últimos anos, a utilização de ferramentas digitais se transformou em uma nova opção para facilitar a compreensão dos estudantes sobre diversos temas dentro das ciências (De Souza, 2007). Diante dessa nova perspectiva, a criação de recursos didáticos desse tipo torna-se amplamente aceita pela comunidade escolar a fim de que possa cumprir a sua função de favorecer a aprendizagem. Assim, o uso de *softwares* livres, que são *sites* gratuitos, pode ser usado como ferramentas didáticas, contanto que estejam dentro de um planejamento adequado.

Embora esses avanços tecnológicos já sejam uma realidade em muitas escolas no país, ainda há um baixo rendimento em diversas disciplinas. Segundo o levantamento do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa/2018), há um baixo índice de proficiência em leitura, matemática e ciências (Brasil, 2019). Assim, projetos que busquem melhorar esse cenário, utilizando recursos acessíveis, são desejáveis para elevar o nível educacional brasileiro.

Dessa forma, a elaboração de recursos didáticos que empreguem o pensamento sistêmico visa contribuir para os cursos de licenciatura em ciências naturais/da natureza, possibilitando a integração e aplicação de diversas áreas do conhecimento, tais como biologia, química, física, astronomia e ciências da terra. Isso permitirá que os estudantes se apropriem desses conhecimentos e contribuam para o aprimoramento dos modelos didáticos. O aprendizado sobre o mundo natural, reconhecendo a sua estrutura sistêmica, tem como potencial uma mudança de paradigma dentro do ensino de ciências.

Vale ressaltar que o exercício do pensamento sistêmico nas escolas contribui para que os estudantes possam perceber como os diversos elementos naturais e sociais estão conectados. A Sociedade de Dinâmica de Sistemas (*System Dynamics Society*, 2024) possui uma plataforma virtual colaborativa na qual é possível acessar conteúdos produzidos por universidades e pesquisadores de todo o mundo. Nessa perspectiva, este trabalho visa proporcionar ao estudante o primeiro contato com a ferramenta de Dinâmica de Sistemas, incentivando-o a explorar mais sobre o assunto e a integrar essa comunidade intelectualmente rica e solidária.

O aprendizado do conceito de homeostase é central para o conhecimento da natureza. Afinal, a homeostase é essencial para a sobrevivência das espécies, de forma que não seria possível manter as condições internas adequadas para os processos bioquímicos vitais sem ela. A homeostase também está diretamente ligada aos aspectos evolutivos: seres que desenvolveram mecanismos mais eficientes de homeostase foram mais capazes de se perpetuar. Além disso, mecanismos homeostáticos também podem ser aplicáveis para o entendimento dos sistemas naturais, como os ciclos biogeoquímicos. A homeostase não é apenas um conceito biológico, ela conecta-se a fenômenos naturais em várias escalas, desde células até sistemas planetários. Assim, a homeostasia colabora para a compreensão da interdependência dos processos naturais (Avisar *et al.*, 2013).

## 2 PENSAMENTO SISTÊMICO

### 2.1 Introdução histórica

Na década de 1950, o professor Jay Forrester, do Massachusetts Institute of Technology (MIT), iniciou os estudos sobre o que mais tarde seria conhecido como Dinâmica de Sistemas. Trata-se de uma metodologia quantitativa utilizada para estudar o comportamento de sistemas complexos ao longo do tempo, modelando as interações entre diferentes componentes, com

base em conhecimentos de engenharia e programação (Forrester, 1961). O seu principal objetivo era compreender o funcionamento de empresas e instituições, criando modelos capazes de simular possíveis resultados, identificando falhas e encontrando as possíveis soluções.

Ao longo dos anos, diversos cientistas integraram o grupo de pesquisa sobre sistemas. Uma das principais referências na área é a professora Donella Meadows, ambientalista e autora dos livros “Os limites do crescimento” (1972) e “Pensando em sistemas” (2010). Em “Os limites do crescimento”, a autora utilizou modelagens para revelar que os recursos são finitos e que a incessante busca pelo crescimento leva ao seu esgotamento. Meadows, utilizando a Dinâmica de Sistema, demonstrou que o ponto de equilíbrio do ecossistema terrestre já havia sido ultrapassado, que a sociedade demora para perceber a real dimensão do problema e que seriam necessárias medidas urgentes para mitigar um cenário de destruição. Assim, a autora conseguiu demonstrar conexões de causa-efeito, mostrando como o planeta está interconectado.

O Pensamento Sistêmico é uma linguagem que surgiu no século XX para compreender a realidade de uma forma mais integrada. Segundo Senge (1990), o Pensamento Sistêmico é uma abordagem para entender sistemas complexos, analisando como seus vários componentes interagem e se influenciam mutuamente. Essa linguagem mostra-se muito poderosa, devido à complexidade do século XXI, que demanda esforços contínuos e colaborativos para compreendermos a totalidade dos fatos, em vez de estudá-los de forma segmentada. O termo “sistema” é amplamente utilizado nos jornais e revistas, mas é fundamental compreender o que realmente é um sistema.

## 2.2 Sistema e seus componentes

Donella Meadows (2010) define sistema como um conjunto de elementos interconectados ou interrelacionados, organizados de maneira a cumprirem um objetivo e trabalharem juntos para formar um todo unificado. O sistema gera o seu próprio comportamento e pode ser modificado ao longo do tempo por meio de mudanças internas e externas. Uma pessoa é um sistema, assim como uma escola, uma cidade, um país, um time de futebol, uma repartição pública, uma aldeia ou uma universidade. Em contraste, existem conglomerados de elementos desordenados que não configuram um sistema, como a poeira espalhada em uma sala.

De acordo com essa autora, um sistema é composto por três partes essenciais:

a) Elementos – é a menor unidade dentro de um sistema. Um elemento pode ser físico, como uma árvore em uma floresta; ou algo intangível, como o orgulho ou a proficiência acadêmica dentro do ambiente universitário. A mudança de um elemento majoritariamente tem pouco efeito no sistema, pois a estrutura se rearranja para manter a sua identidade. Por exemplo, no sistema escolar, mesmo que ao longo dos anos todo o corpo docente seja renovado, ele ainda mantém sua identidade, desde que suas as interconexões e os seus propósitos permaneçam intactos, como as diretrizes da escola, as suas filosofias e normas internas.

b) Interconexões – são as ligações entre os elementos, mostrando as suas relações de proporcionalidades e os fluxos de informações. Por exemplo, no sistema árvore, os fluxos físicos e as reações químicas são interconexões que emitem sinais para que todas as partes funcionem harmoniosamente. No sistema escolar, as interconexões podem ser representadas por provas, notas ou orçamento. Frequentemente é mais fácil conhecer os elementos de um sistema do que as suas conexões. Quando um ser vivo morre, perde a sua qualidade “sistêmica”: as múltiplas relações que o mantinham como um todo deixam de existir, mesmo que seus restos mortais ainda façam parte da cadeia alimentar.

c) Função/propósito – é a ação desempenhada pelos elementos, sendo a parte menos óbvia, no entanto é a que mais influencia o comportamento de um sistema. Os propósitos são evidenciados pelos comportamentos do sistema e só podem ser plenamente compreendidos depois de um período de observação. O termo “propósito” se refere a sistemas humanos, enquanto “função” se aplica a sistemas não humanos, embora essa distinção não seja absoluta, especialmente em sistemas que apresentam os dois tipos de elementos. O propósito do professor é lecionar e a função do quadro branco é servir como recurso didático do professor. A função de quase todos os sistemas é manter a sua organização, permanecendo, por isso, no tempo.

### **2.3 Propriedades do sistema**

Os sistemas apresentam várias propriedades e características. Uma dessas propriedades é de que são emergentes, ou seja, são maiores que a soma de suas partes individuais (Amaral, 2012). Por exemplo, o sistema avião é maior do que a soma de suas peças, que são organizadas de forma que o transporte funcione do modo mais adequado possível e pode ser alterado para melhorar o conforto e a segurança do piloto e dos passageiros.

Outra propriedade do sistema é a capacidade de moldar os elementos. Como exemplo, no sistema escola: os elementos discentes, apesar de suas diferentes histórias de vida, tendem a adotar comportamentos semelhantes ao integrarem o mesmo sistema (Amaral, 2012). Os sistemas são adaptativos, dinâmicos e mudam ao longo do tempo, sendo altamente acoplados, ou seja, as partes estão fortemente conectadas entre si (Sterman, 2000). A estrutura do sistema é a fonte do seu comportamento, o qual pode ser contraintuitivo e levar a reações inesperadas. Desse modo, a complexidade dos sistemas pode superar a nossa capacidade de entendê-los (Meadows, 2010).

### **2.4 Diferença entre Dinâmica de sistemas e Pensamento Sistêmico**

É preciso ainda fazer uma diferenciação entre Dinâmica de Sistemas e Pensamento Sistêmico. A Dinâmica de Sistemas concentra-se principalmente na análise quantitativa, utilizando dados computacionais, enquanto o Pensamento Sistêmico é uma abordagem qualitativa, representado por diagramas causais, que são ferramentas visuais para mapear as relações causais entre os elementos. Este trabalho não se concentrará na Dinâmica de Sistemas, mas sim no Pensamento Sistêmico.

A Dinâmica de Sistemas (DS) é organizada em função de um esquema de estoque e fluxos. O estoque é a unidade fundamental, base de qualquer sistema e varia ao longo do tempo. O estoque corresponde ao elemento para a DS. Ele pode ser uma água de uma banheira, livros de uma livraria ou mesmo sonhos e esperanças das pessoas. Os fluxos, por sua vez, indicam a entrada e saída de materiais ou informações de um estoque durante um período de tempo. Esses fluxos podem ser independentes ou não. Se a entrada é superior à da saída, os estoques aumentam; se a entrada é inferior à da saída, os estoques diminuem, e se a entrada e saída são iguais, há equilíbrio dinâmico. Os fluxos são correspondentes às interconexões para a DS. Nesse processo, é normal que ocorram atrasos, que resultem em oscilações do sistema (Meadows, 2010).

## 2.5 Ciclos de feedback

O ciclo de *feedback*, também conhecido como ciclo de retroalimentação, é uma cadeia fechada de conexões causais de um estoque. Esse ciclo opera mediante um conjunto de decisões, regras, leis físicas ou ações que dependem do nível do estoque e, por meio de um fluxo, retornam para alterar o estoque. As informações fornecidas por um ciclo de *feedback* podem afetar o comportamento futuro. Sistemas com estruturas de *feedbacks* semelhantes possuem comportamentos dinâmicos semelhantes (Meadows, 2010).

Os sistemas são governados por retroalimentação, em que ações tomadas por um agente têm repercussões que podem influenciar aquele que as tomou (Sterman, 2000). O estado atual de um sistema depende dos estados anteriores; assim, as ações passadas podem influenciar o estado presente de forma linear ou não-linear. As respostas de curto prazo de um sistema a uma intervenção podem diferir substancialmente das respostas a longo prazo. Dessa forma, ações de curto prazo podem ser benéficas, todavia com efeitos adversos no longo prazo (Amaral, 2012). Um exemplo disso é o consumo de café, que no curto prazo é estimulante, contudo, se consumido em excesso a longo prazo pode ser prejudicial à saúde.

Os ciclos de *feedback* de equilíbrio são estruturas que mantêm o equilíbrio ou tendem a ele nos sistemas, sendo fontes de estabilidade e resistência a mudanças. São conhecidos também como “ciclos de *feedback* negativos”, pois invertem a direção da mudança imposta no sistema (Meadows, 2010). Um exemplo desse ciclo é a concentração de água no corpo.

Já os ciclos de *feedback* de reforço, também conhecidos como ciclos de *feedback* positivos, tendem a gerar crescimentos exponenciais ou colapsos descontrolados, podendo ser viciosos ou virtuosos. Esses ciclos ocorrem sempre que um estoque possui a capacidade de se ampliar ou multiplicar por conta própria. Em sistemas físicos, o crescimento exponencial requer necessariamente um ciclo de equilíbrio, pois nenhum sistema pode crescer indefinidamente em um ambiente finito (Meadows, 2010). Um exemplo disso é o crescimento de uma população.

## 2.6 Diagramas causais

Um diagrama causal é uma forma gráfica de representar um sistema. Ele é composto por relações causais formadas por causa-efeito entre as variáveis. Essas relações são representadas graficamente por setas de causalidade e sinais de relação que podem ser positivos (+) ou negativos (-) (Sterman, 2000). Uma relação causal positiva indica uma relação diretamente proporcional, podendo resultar em crescimento quando os elementos aumentam ou em redução quando diminuem. Em contraste, uma relação causal negativa é inversamente proporcional, de modo que se um elemento aumenta, o outro diminui, e vice versa (Amaral, 2012). Os diagramas causais são importantes para a visualização de sistemas complexos, identificação de retroalimentação, previsão de comportamentos e tomadas de decisão.

As relações causais positivas geram ciclos positivos, enquanto as relações causais negativas geram ciclos negativos (Amaral, 2012). Os ciclos positivos resultam em crescimento exponencial, com duplicações ocorrendo em intervalos de tempo iguais. Em contraposição, os ciclos negativos atuam de forma equilibradora, opondo-se aos ciclos positivos.

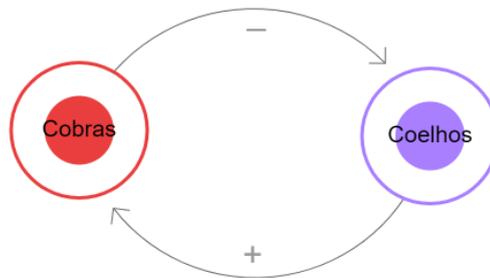
**Figura 1** – Diagrama causal da população



Fonte – Wlinkit – UFRJ.

Na Figura 1 é possível visualizar três **elementos**: nascimentos, população, mortes, as suas interconexões (sinais de positivo e negativo) e as funções que exercem sobre o sistema. À esquerda, há um ciclo positivo entre nascimentos e população; ou seja, quanto mais nascimentos ocorrem, maior é a população, gerando assim um ciclo de reforço. À direita há um ciclo negativo: quanto mais mortes ocorrem, menor é a população. A presença dos dois ciclos estabelece no sistema como um todo um estado de equilíbrio.

**Figura 2** – Diagrama causal de cobras e coelhos por meio do *Loopy*.



Fonte – Elaboração do autor.

No diagrama da Figura 2 há dois **elementos**: cobras, coelhos, suas interconexões e funções. Este é um exemplo de um ciclo de equilíbrio. As cobras se alimentam dos coelhos; portanto, quanto mais cobras houver, menor será a quantidade de coelhos. No entanto, à medida que a quantidade de coelhos diminui, a quantidade de cobras também diminui, o que levará a um aumento na população de coelhos, e assim estes ciclos se alternam sucessivamente. Trata-se de um exemplo de sistema homeostático o qual se mantém no tempo em equilíbrio dinâmico.

### 3 RECURSOS DIDÁTICOS

#### 3.1 Introdução histórica

Os recursos didáticos são materiais utilizados no processo de ensino-aprendizagem que têm como intuito facilitar o trabalho do professor para que os conteúdos sejam mais inteligíveis para os estudantes (Quirino, 2011). Esses recursos podem ser físicos, como livros, cartazes, quadro escolar; e também digitais, como vídeos, *slides*, *softwares* educacionais, aplicativos e plataformas *online*.

É imprescindível que os recursos didáticos sejam acompanhados de um planejamento pedagógico prévio por parte do professor (De Souza, 2007), de tal modo que o docente precisa dominar o conteúdo e estar preparado para todas as reações diversas por parte dos estudantes.

Além disso, é importante que o docente possua clareza dos motivos que o levaram a utilizar determinado recurso didático, a fim de alcançar maior clareza dos estudantes.

Até o séc. XVI, acreditava-se que a capacidade de assimilação da criança era semelhante à de um adulto, de tal forma que era tratada como um adulto em miniatura (De Souza, 2007). Por esse motivo, a aprendizagem do estudante era realizada de maneira passiva, consistindo em memorização de regras, termos e fórmulas. Desse modo, o professor ocupava um papel de transmissor e expositor do conhecimento, em que recursos didáticos eram considerados supérfluos. Esse método retrógrado foi pejorativamente chamado de “educação bancária” por Paulo Freire, no século XX. Nas palavras do educador, “é o ato de depositar, de transferir, de transmitir valores e conhecimentos” (Freire, 2005). Assim, o estudante não reflete sobre a sua realidade, apenas serve como um depósito, tal qual ocorre em uma transação bancária.

Nos séculos XVII e XVIII, começou-se a questionar de modo mais sistematizado as antigas práticas de ensino. Nesses tempos, surgiram estudiosos como Comênio (1592-1671) e Rousseau (1727-1778), que passaram a valorizar mais a interação entre a criança e a natureza como elemento essencial para o aprendizado. Além disso, nessas épocas, outros aspectos do desenvolvimento cognitivo da criança foram considerados, tais como a criatividade e a espontaneidade, em detrimento da exposição do conteúdo por si só (De Souza, 2007).

Nesse contexto, Pestalozzi (1746-1827) e Fröebel (1782-1852) dedicaram-se a uma educação que desse ênfase a outras atividades, como o canto, o desenho, os jogos e as atividades manuais, o que ficou conhecido como “escola ativa”. No século XIX, Montessori (1870-1952) desenvolveu materiais manipulativos destinados à aprendizagem de matemática, como “triângulos construtores” e “cubos para composição e decomposição de binômios, trinômios”, entre outros, para que o ensino se tornasse mais concreto e menos abstrato (De Souza, 2007).

No século XX, diversos educadores dedicaram-se a questionar como as práticas pedagógicas podem ser mais lúdicas e inclusivas, respeitando o tempo do desenvolvimento de cada estudante em suas etapas de vida. Destacam-se Steiner (1861- 1925), Vygotsky (1896-1934) e Freire (1921 – 1997). Steiner é conhecido por ter criado a pedagogia Waldorf na Alemanha, que consiste em integrar de maneira holística o desenvolvimento físico, espiritual, intelectual e artístico dos estudantes (Antunes, 2022). Vygotsky é o grande fundador da escola soviética de psicologia histórico-cultural, na qual defende que o aprendizado não pode ser dissociado do seu contexto histórico, social e cultural (Coelho, 2012). Freire, por sua vez, defende a educação como espaço de diálogo, autonomia e tomada de consciência sobre o mundo e sobre si próprio, o que o liberta do fatalismo imposto pelas condições sociais (Freire, 2005).

No século XXI, houve um grande avanço da tecnologia, sobretudo da internet, o que proporcionou a criação de diversos dispositivos digitais, como computadores e *smartphones*, além de aplicativos e *softwares* que utilizam inteligência artificial, capazes de gerar textos, imagens e músicas. Nesse contexto, o professor precisa estar consciente desta realidade, procurar dominar as novas invenções e se adequar para que possa estabelecer um diálogo mais próximo dos estudantes (Tavares *et al.*, 2020).

### **3.2 O ensino de ciências no Brasil e recursos didáticos**

O ensino de ciências no Brasil passou por diversas transformações ao longo de sua história, refletindo contextos sociais, políticos, econômicos e religiosos. Os primeiros registros da educação no Brasil foram por meio dos jesuítas; contudo, o principal objetivo era a alfabetização e a catequização, enquanto o ensino de ciências era incipiente. Até a chegada da família real ao Brasil, em 1822, havia poucas iniciativas científicas no Brasil (Silva, 2019).

Durante o século XIX, conteúdos científicos começaram a ser veiculados em jornais e revistas para o acesso ao público. Posteriormente, o componente curricular de ciências integrou o currículo do que seria o atual Ensino Fundamental II. Todavia, esse ensino era propagado em uma lógica ainda tradicionalista, com aulas expositivas, realizadas sem discussão e aceitas como verdades absolutas (Schwartzman, 2004).

O século XX foi um período de grandes discussões acerca dos conteúdos científicos e de suas metodologias. Durante esse período, houve a ditadura militar brasileira, a partir de 1964, que priorizava a formação de técnicos e trabalhadores para o desenvolvimento do país. Essa época foi marcada pelo declínio dos direitos sociais e também por contradições no ensino de ciências, pois havia incentivo para a formação de cientistas, porém sem oferecer as bases necessárias para que isso ocorresse (Krasilchik, 2004).

Durante a década de 1970, iniciaram-se as primeiras discussões sobre o enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), em que se discutia o papel das ciências para se entender a sociedade e a tecnologia como ferramenta de transformação. Entretanto, apenas na década de 1990 foi aprovada uma nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e foram criados os Parâmetros Curriculares Nacionais, com o intuito de formar estudantes capazes de exercer plenamente a sua autonomia, a compreensão da realidade e a cidadania (Krasilchik, 2004).

Atualmente, discute-se sobre quais são as metodologias de ensino de ciências que mais se adaptam à realidade atual dos estudantes, que vivem em um mundo digital e em constantes transformações. Assim, pode-se destacar o uso de experimentação, hortas, fazendinhas, saídas de campo, análise de casos, feiras de ciências, aulas em ambiente virtual de aprendizado, elaboração de histórias em quadrinhos, aulas interdisciplinares, entre outros recursos. Todas essas atividades são alternativas para um ensino mais atualizado e diverso. Mas essas práticas precisam estar contextualizadas e planejadas para que ocorra um ensino-aprendizagem adequado, caso contrário, os estudantes terão dificuldade para relacionar os conteúdos (De Souza, 2007).

O ensino de ciências é necessário para preparar o estudante aos desafios futuros e compreender os acontecimentos naturais e tecnológicos. Desse modo, o presente trabalho utiliza *softwares* para construção de modelos mentais dentro da linguagem de pensamento sistêmico como um recurso didático, visando à autonomia do estudante e à construção de uma nova perspectiva das ciências e da sociedade como um todo.

### 3.3 Softwares livres

Tanto a Dinâmica de Sistemas quanto o Pensamento Sistêmico podem ser modelados em *softwares* livres: *sites* ou aplicativos digitais que permitem aos usuários criarem os seus próprios modelos de sistemas. Para este trabalho foram utilizados os *sites Insight Maker* e *Loopy*, pois são ferramentas acessíveis, gratuitas, bastante intuitivas.

O *Insight Maker* é uma plataforma criada em 2010 pelo desenvolvedor Scott Fortmann-Roe por meio do código aberto *JavaScript*. Ele oferece um extenso banco de dados que contém diversos tipos de modelos em diversas áreas do conhecimento, como Ciências, Economia, Administração, Engenharia, entre outras. A plataforma inclui mapas mentais, que são mais inteligíveis para o grande público, e outros mais complexos, destinados a um público específico. (Pearson, 2024). O *Loopy* é uma plataforma criada em 2017 pelo desenvolvedor Nicky case. O diferencial desse site é poder criar animações dos diagramas causais e regular a velocidade dos ciclos, isso facilita a visualização das retroalimentações positivas e negativas. Ambos os sites combinam tecnologia, arte e educação para simular laços de causa-efeito (*Loopy*, 2024).

## 4 METODOLOGIA

A metodologia explica quais serão os procedimentos do estudo para atingir o objetivo da pesquisa. De acordo com Collado, Lucio e Sampieri (2006), as pesquisas possuem dois enfoques: o quantitativo e o qualitativo. O primeiro utiliza a coleta de dados numéricos e métodos estatísticos para testar hipóteses ou analisar as relações entre variáveis para estabelecer padrões de comportamentos. O segundo enfoca na compreensão dos fenômenos por meio de perspectivas subjetivas e contextuais, utilizando dados descritivos como experiências, motivações e percepções dos indivíduos

Esse estudo se enquadra em uma pesquisa qualitativa. O objetivo geral deste estudo é empregar a linguagem sistêmica com o uso de ferramentas digitais, com o foco na homeostase, para facilitar a compreensão dos alunos no ensino de Ciências Naturais dos anos finais do Ensino Fundamental. Além disso, a pesquisa pretende proporcionar aos estudantes uma visão sistêmica das ciências da natureza. Considera-se que

a característica da análise qualitativa é que lida com dados apresentados em palavras; que contenham o mínimo de mensuração quantitativa, padronização e técnicas estatísticas, e que objetive transformar e interpretar dados em uma rigorosa e acadêmica maneira. Além disso, não há simplesmente um consenso em como a análise quantitativa deva proceder, ou o que faz é a análise aceitável dos dados (Sarantakos, 2005, p. 344, tradução livre).

Esse trabalho compreende uma proposta pedagógica, em que materiais didáticos foram apresentados como facilitadores no estudo da homeostase e, além disso, foi sugerido um plano de aula para que professores de Ciências possam reproduzir os mapas mentais na íntegra ou adaptá-los da forma mais adequada possível ao contexto dentro da sala de aula.

Os materiais utilizados foram: internet, computador, papel e caneta. Inicialmente, há uma contextualização sobre o Pensamento Sistêmico, a sua origem, a sua importância e como essa linguagem pode mudar completamente a visão dos estudantes em relação às matérias curriculares, há exemplos de diagramas causais para melhor visualização. Posteriormente será realizada uma abordagem do conteúdo de homeostase, que está vinculada à fisiologia, contextualizados no cotidiano, aliada à apresentação de modelos.

Ao final sugere-se uma interlocução com a turma sobre as atividades, as quais consistem em direcionar os estudantes a criarem seus próprios diagramas causais. A avaliação será realizada ao longo do processo em que serão observados a compreensão dos conceitos científicos, a criatividade e a organização. O mais importante é que no final da atividade os estudantes possam interrelacionar os conteúdos científicos com o Pensamento Sistêmico, de modo a entenderem que os componentes naturais, mesmo que estudados separadamente, estão conectados.

Este trabalho utilizou como referência o livro “Conceptual Integrated Science” (Hewitt *et al.*, 2019), ou Ciências Conceituais Integradas (tradução livre), mais precisamente o capítulo 19: “Biologia Humana I – Controle e desenvolvimento”, seção 19.2. Os diagramas causais foram feitos utilizando os softwares *Loopy* e *Insight Maker*, com cores fictícias para representar os elementos: em marrom o elemento central, em amarelo os mecanismos de entrada, e em azul os sinais do corpo, além de imagens da internet. As cores podem ser alteradas a critério do professor. No *Insight Maker*, as interconexões positivas estão em linhas azuis contínuas, enquanto as interconexões negativas estão em linhas avermelhadas tracejadas, apenas para fins didáticos. As curvaturas das interconexões podem variar para melhor atender ao diagrama, conforme as questões estéticas de quem estiver modelando.

## 5 HOMEOSTASE

Nesse capítulo será apresentado os fundamentos da homeostase e o detalhamento com exemplos de diagramas causais e um plano de aula como uma contribuição a essa proposta acadêmica.

### 5.1 Fundamentos da homeostase

A homeostase é uma característica de todos os organismos vivos, sendo o processo de autorregulação que mantém o ambiente interno relativamente estável, o qual se ajusta às condições de sobrevivência e permanência no tempo (Hewitt *et al.*, 2019). O termo é uma junção dos radicais gregos *homeos* (o mesmo) e *stasis* (ficar), e foi proposto por Walter Cannon em 1929, inspirado na ideia de meio interno elaborado por Claude Bernard. O conceito de “meio interno” surgiu ao perceber que um ser vivo tende a manter o seu funcionamento normal mesmo quando o meio externo sofre grande mudança (Cannon, 1929).

A homeostase está presente em diversas situações do organismo, de tal forma que pode ser transformada em mapas mentais ou diagramas causais, a partir do uso da linguagem sistêmica. Para isso, basta que identifiquemos os elementos, as suas conexões, as suas funções e os ciclos positivos e negativos. Neste trabalho, há presença de alguns desses modelos didáticos, de forma que possam ser reproduzidos em sala de aula (Hewitt *et al.*, 2019).

O ensino de ciências no Currículo em Movimento, no eixo Vida e Evolução do 6º ano estabelece que o estudante precisa compreender os conteúdos referentes aos diferentes tipos de organização do corpo, como células, tecidos e órgãos. Além disso, tem como objetivo analisar modelos que permitam visualizar as suas inter-relações (Distrito Federal, 2018).

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) o conteúdo de homeostase também está incluído nos componentes do Ensino Médio nos códigos EM13CNT208 e EM13CNT306. O primeiro estabelece a necessidade de aplicação dos princípios da evolução biológica para se analisar a história humana, considerando diversos fatores, como a sua origem, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando a diversidade humana. Este componente está ligado à homeostase justamente pelo seu caráter evolutivo. O segundo componente enfatiza a importância de se avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando os conhecimentos das ciências da natureza para justificar o uso de equipamentos e recursos, visando ao bem-estar socioambiental, podendo utilizar dispositivos e aplicativos digitais que permitem a criação de simulações. Tal componente relaciona-se à homeostase por estar presente no cotidiano e poder ser simulada em *softwares* livres (Brasil, 2017).

A homeostase é garantida por processos fisiológicos que ocorrem de maneira coordenada no corpo. Desse modo, é possível perceber que diversos sistemas do corpo humano trabalham conjuntamente para regulação, como o balanço de massa, a quantidade de água corporal, a quantidade de oxigênio, a temperatura humana, a concentração de glicose, de nutrientes, de íons, o pH do sangue. Tudo isso serve para a manutenção da homeostase (Hewitt *et al.*, 2019).

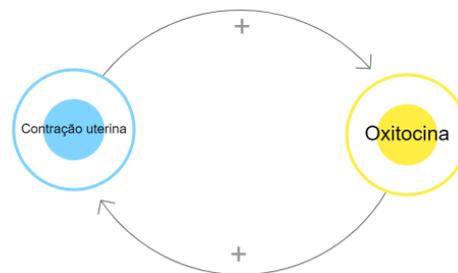
#### 5.1.1 Feedback positivo e o trabalho de parto

Geralmente a homeostase ocorre por meio de ciclos de retroalimentação negativa, que se contrapõem às alterações, retornando aos seus valores normais. Contudo, alguns sistemas biológicos utilizam a retroalimentação positiva para ampliar o sinal inicial. Essas retroalimentações positivas estão sempre associadas ao crescimento (Avisar *et al.*, 2013).

Um exemplo de uma retroalimentação positiva é a ação durante o trabalho de parto. Quando a cabeça do bebê é pressionada contra o cérvix, o colo do útero por onde o bebê deve passar, os neurônios enviam um sinal que leva à liberação do hormônio oxitocina pela hipófise. A concentração de oxitocina aumenta e também as contrações uterinas, conseqüentemente, a pressão no cérvix. Isso provoca a liberação de mais oxitocina, resultando em contrações ainda mais fortes. Esse processo contínuo auxilia o parto (Avisar *et al.*, 2016).

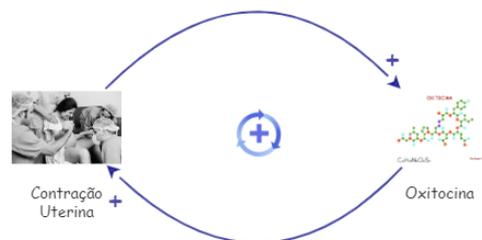
As figuras 3 e 4 representam um diagrama com apenas um ciclo de reforço e dois elementos: contração uterina e oxitocina. Dessa forma, quanto maior a contração uterina, maior a quantidade de oxitocina que aumentará as contrações. Tal ciclo de retroalimentação positiva ocorre durante o trabalho de parto e gradativamente diminui a partir da retirada do bebê do ventre, cujos índices hormonais tendem a voltar a patamares próximos aos anteriores.

**Figura 3** – Diagrama causal do trabalho de parto por meio do *Loopy*.



**Fonte** – Elaboração do autor.

**Figura 4** – Diagrama causal do trabalho de parto por meio do Insight Maker.



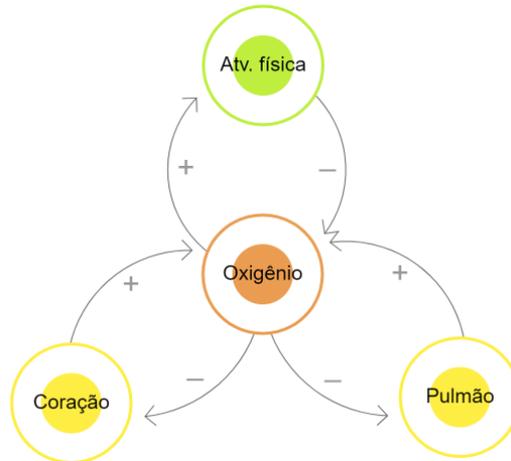
**Fonte** – Elaboração do autor.

### 5.1.2 Homeostase da concentração de oxigênio

Quando um indivíduo corre rapidamente para amplificar suas atividades é um exemplo de homeostase. Nesse processo, aumentam a demanda por oxigênio das células, os seus pulmões e o coração. O corpo responde respirando mais intensamente para captar mais oxigênio e aumentando a frequência cardíaca para transportar esse oxigênio para as células. Uma vez que o indivíduo retorne a sua atividade regular, o consumo do oxigênio diminui e tanto a respiração quanto a frequência cardíaca também diminuem novamente, retornando ao estado normal (Hewitt *et al.*, 2019).

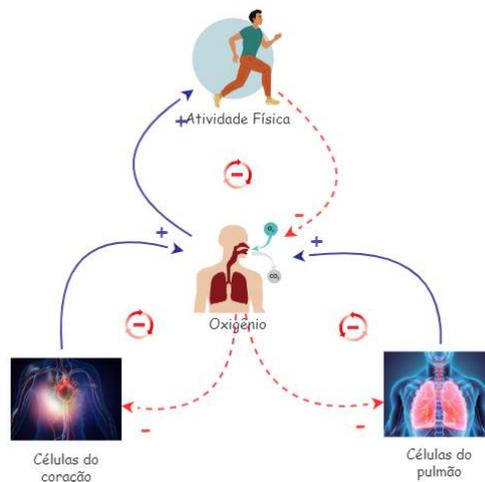
As figuras 5 e 6 possuem três ciclos de equilíbrios com quatro elementos diferentes: atividade física; oxigênio; células do pulmão e células do coração. Quanto mais atividade física, menos oxigênio disponível e assim mais células do pulmão e do coração serão transportadas para repor essa quantidade de oxigênio.

**Figura 5** – Diagrama causal da concentração de oxigênio por meio do *Loopy*.



Fonte – Elaboração do autor.

**Figura 6** – Diagrama causal da concentração de oxigênio por meio do *Insight Maker*.



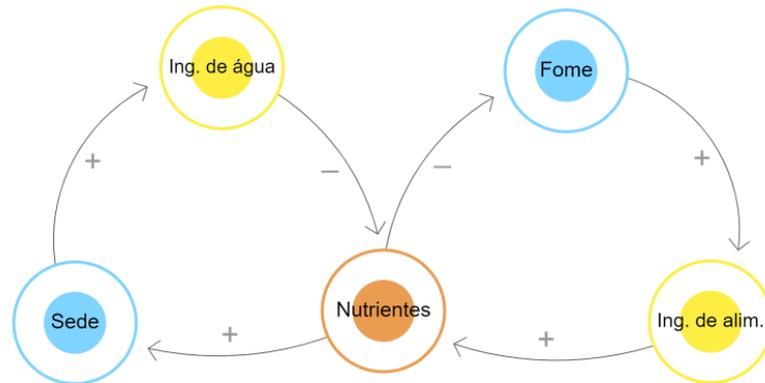
Fonte – Elaboração do autor.

### 5.1.3 Homeostase da concentração de nutrientes

Os sistemas do corpo trabalham para evitar o acúmulo de substâncias tóxicas e para que os nutrientes sejam transportados para todas as partes do organismo, como vitaminas, sais minerais, proteínas, lipídios e carboidratos. O sistema digestório absorve os nutrientes dos alimentos, que em conjunto com o oxigênio fornecido do sistema respiratório são transportados pelo sistema circulatório para as células. Além disso, os sistemas nervoso e endócrino garantem que as informações necessárias sejam transmitidas aos outros sistemas (Fox, 2007).

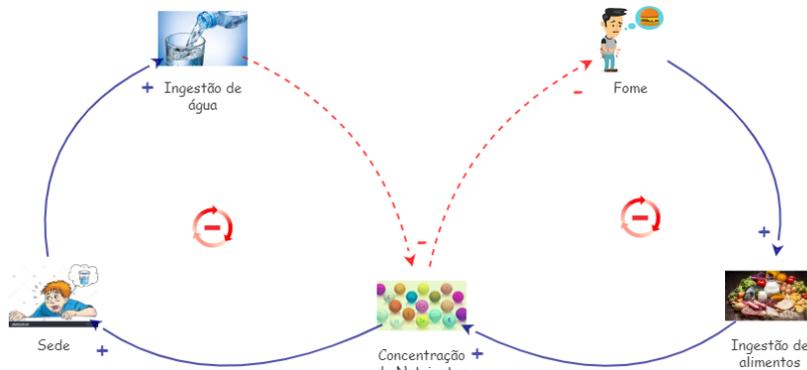
As figuras 7 e 8 possuem cinco elementos: concentração de nutrientes; ingestão de água; ingestão de alimentos; sede; fome. Há dois ciclos de equilíbrio. À esquerda, quanto maior a concentração de nutrientes, maior será a sede, aumentando a ingestão de água para assim diluir a quantidade de nutrientes no organismo. À direita, quanto maior a concentração de nutrientes, menor será a fome; quanto maior a fome, maior será a ingestão de alimentos que aumentará a concentração de nutrientes no organismo. Assim, o funcionamento simultâneo dos ciclos implica que a concentração de nutrientes permanecerá em níveis equilibrados (homeostase).

**Figura 7** – Diagrama causal da concentração de nutrientes por meio do *Loopy*.



Fonte – Elaboração do autor.

**Figura 8** – Diagrama causal da concentração de nutrientes por meio do *Insight Maker*.



Fonte – Elaboração do autor.

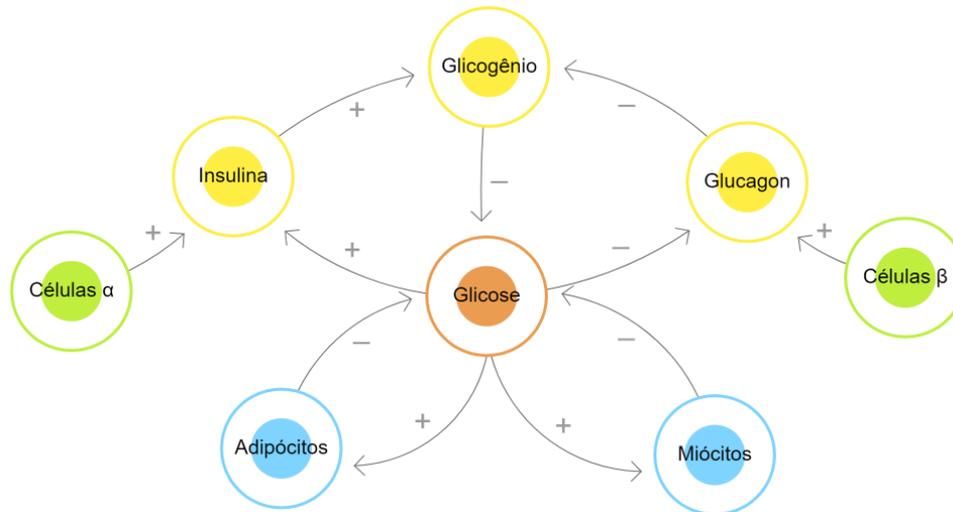
### 5.1.4 Homeostase da Glicemia

A homeostase depende de retroalimentação negativa. No entanto, em condições patológicas, como a diabetes, há uma falha nesse mecanismo, nesse caso envolvendo o hormônio insulina. Essa disfunção dificulta ou impede o corpo de reduzir os níveis de açúcar do sangue, provocando a hiperglicemia. Em indivíduos saudáveis, a glicemia é regulada por dois hormônios: insulina e glucagon (Avisar *et al.*, 2016).

A insulina reduz a concentração de glicose no sangue. Ela é secretada pelas células  $\beta$  pancreáticas e atua sinalizando para que as células do corpo, como adipócitos e miócitos, absorvam a glicose disponível na corrente sanguínea e a utilizam como fonte de energia armazenada na molécula de ATP. A insulina também induz o metabolismo de síntese de glicogênio (polinização da glicose) dentro do fígado com o objetivo de armazenar moléculas de glicose. Ambos os processos retiram a glicose do sangue. Em contrapartida, o glucagon aumenta a concentração de glicose no sangue. Secretado pelas células  $\alpha$  pancreáticas após um período de jejum, o glucagon atua no fígado promovendo a quebra do glicogênio em um polímero de glicose o qual é liberado na corrente sanguínea (Avisar *et al.*, 2016).

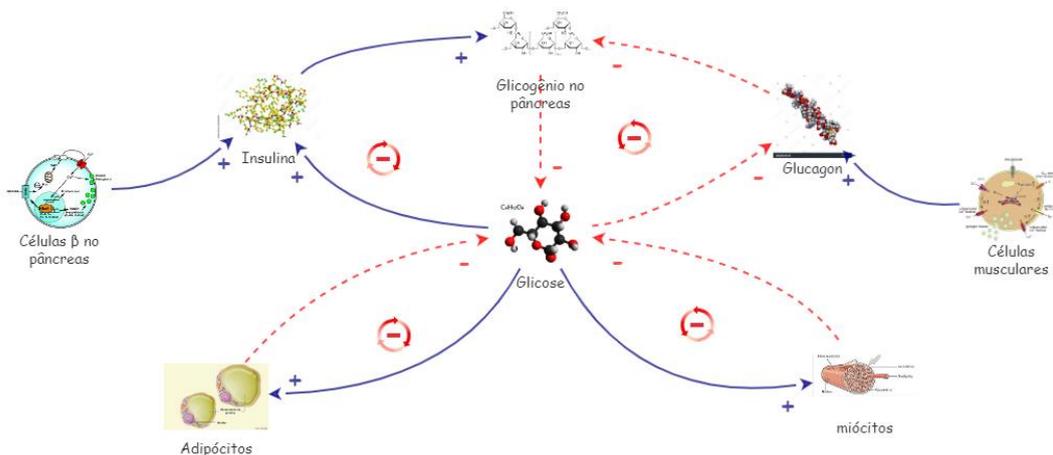
As figuras 9 e 10 são diagramas causais que possuem quatro ciclos de equilíbrio e oito elementos: glicogênio no pâncreas; glicose; glucagon; insulina; células  $\beta$  pancreáticas; células  $\alpha$  pancreáticas; adipócitos e miócitos. Assim, quanto mais glicose, maior será a quantidade de células de insulina e de glicogênio, menor a quantidade de glucagon e vice versa.

**Figura 9** – Diagrama causal da Glicemia por meio do *Loopy*.



Fonte – Elaboração do autor.

**Figura 10** – Diagrama causal da Glicemia por meio do *Insight Maker*.



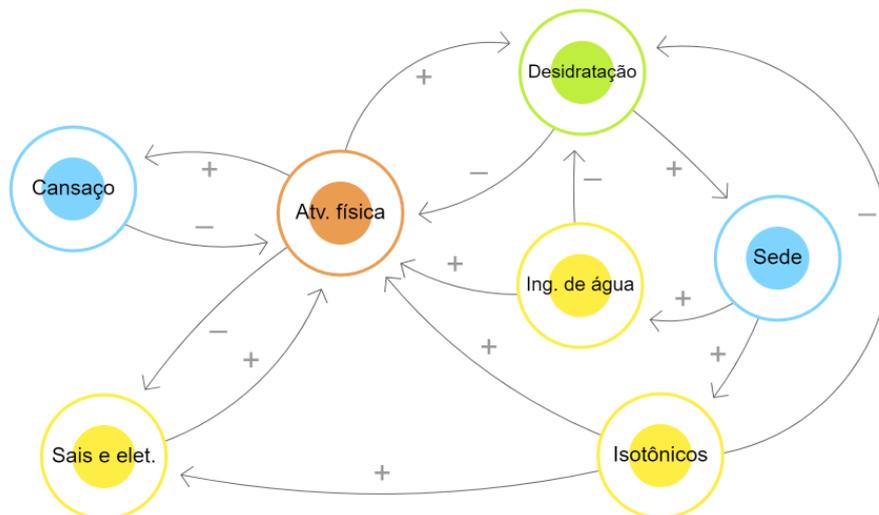
Fonte – Elaboração do autor.

### 5.1.5 Homeostase da concentração de íons

As células desempenham diversas funções no organismo, conforme a sua estrutura bioquímica, transportando substâncias e informações. A osmose é o movimento realizado pela água (solvente) por meio de uma membrana semipermeável do meio menos concentrado (hipotônico) para o mais concentrado (hipertônico). Esse processo permanece até que a pressão hidrostática esteja em equilíbrio (Fox, 2007).

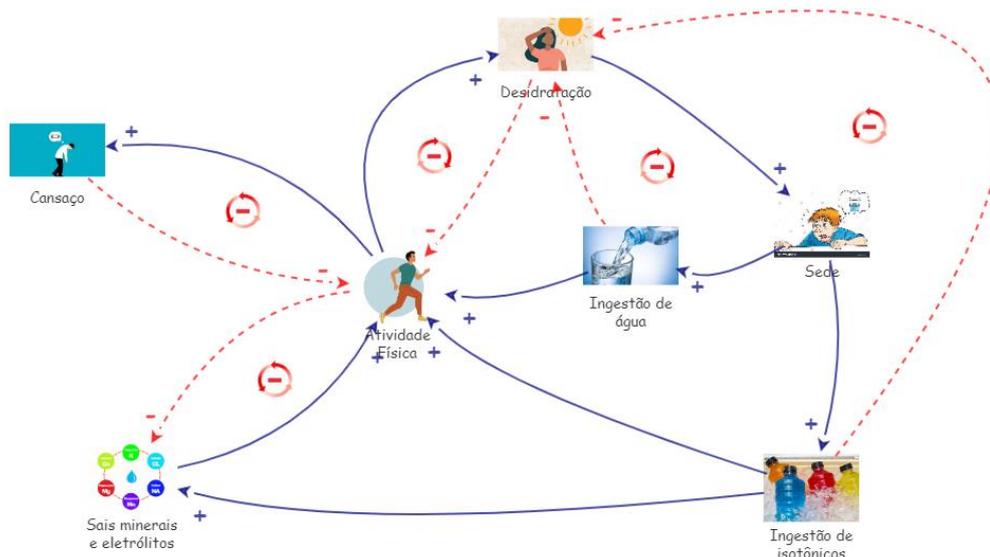
Durante a atividade física é natural que íons, como eletrólitos e sais minerais presentes no organismo, sejam consumidos durante a performance, de modo que apenas a ingestão de água não seja suficiente. Assim se faz necessário o consumo de isotônicos para repor tais substâncias. As figuras 11 e 12 são diagramas causais que contém cinco ciclos de equilíbrios e sete elementos: cansaço; sais minerais e eletrólitos; atividade física; desidratação; ingestão de água; sede e ingestão de isotônicos. Assim, quanto maior atividade física, maior o cansaço, a desidratação e a perda de íons que são compensados pela ingestão de água e de isotônicos.

**Figura 11** – Diagrama causal da concentração de íons por meio do *Loopy*.



**Fonte** – Elaboração do autor.

**Figura 12** – Diagrama causal da concentração de íons por meio do *Insight Maker*.



**Fonte** – Elaboração do autor.

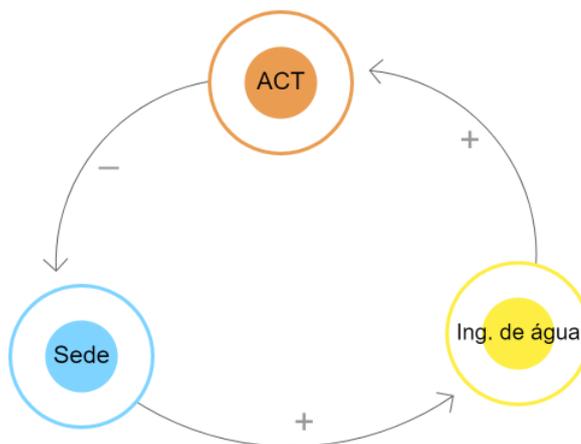
### 5.1.6 Homeostase da concentração de água

O balanço de massa está intimamente ligado à homeostase em mecanismos de entrada pelo intestino, pulmões e pele; e de saída, por meio das excreções pelos rins, fígado, pulmões e pele. O balanço da massa corporal é o somatório da massa existente com a entrada ou produção metabólica, subtraindo a excreção ou a remoção metabólica. O balanço de água do corpo ocorre de modo similar: a água ingerida é metabolizada e perdida por meio de urina, fezes, trato respiratório e pele. A água corporal total (ACT) é maior durante a juventude e diminui ao longo da vida (Silverthorn, 2010).

As próximas seis figuras são artifícios capazes de visualizar como o corpo humano apresenta mecanismos para regular os níveis totais de água e massa no organismo.

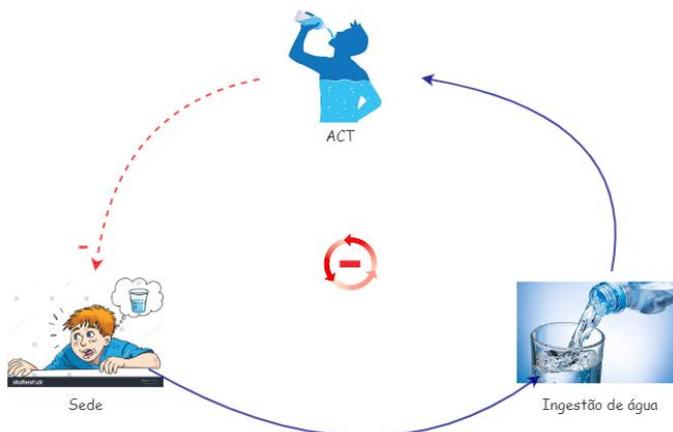
As figuras 13 e 14 apresentam diagramas causais mais simplificados formados por um ciclo de equilíbrio com apenas três elementos cada: ingestão de água, água corporal total (ACT) e sede. Assim, quanto maior a ingestão de água, maior será a água corporal total e, por conseguinte, menor a sede, e vice versa.

**Figura 13** – Diagrama causal da ACT 1 por meio do *Loopy*.



Fonte – Elaboração do autor.

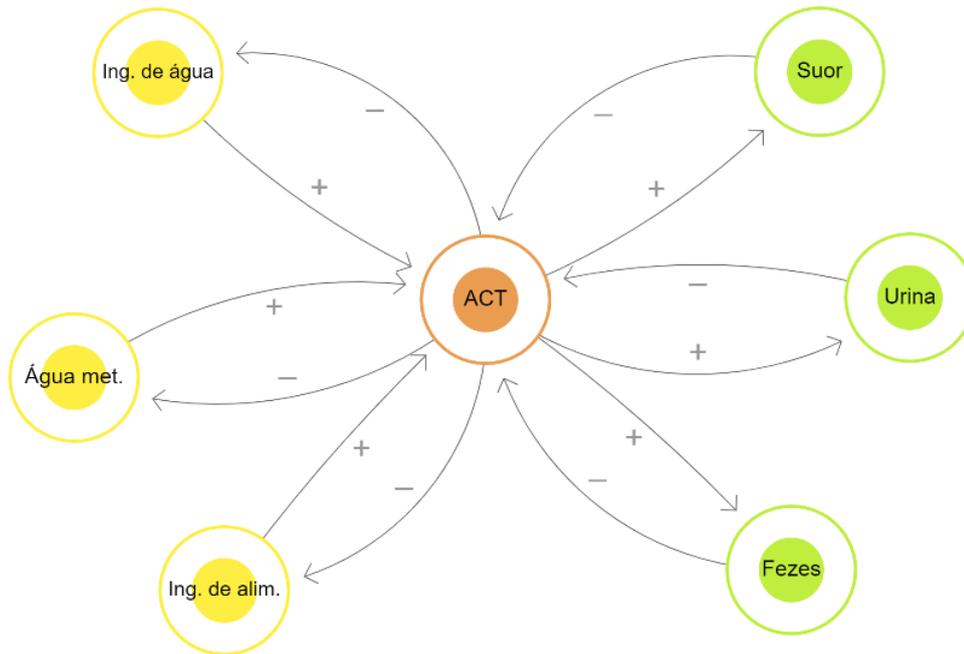
**Figura 14** – Diagrama causal da ACT 1 por meio do *Insight Maker*.



Fonte – Elaboração do autor.

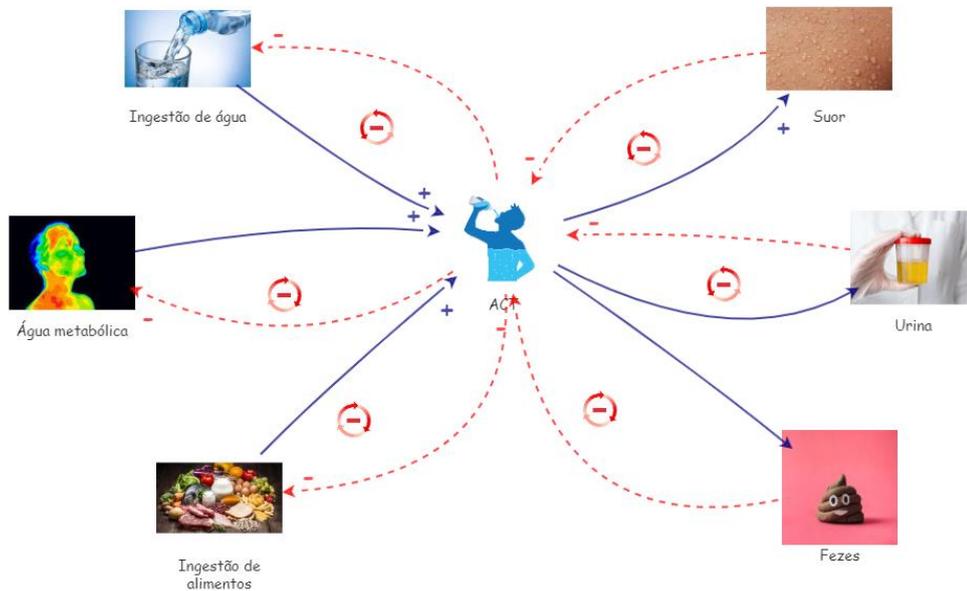
As figuras 15 e 16 são diagramas causais que possuem seis ciclos de equilíbrio e sete elementos: ingestão de água; água metabólica; ingestão de alimento; água corporal total; urina; fezes e suor. A água metabólica é resultado da oxidação de nutrientes como proteína, carboidrato e lipídios. À esquerda estão os mecanismos de entrada e à direita os de saída. Quanto maior for a ingestão de água, de alimentos e de água metabolizada, maior será a água corporal total (ACT), da mesma forma que quanto maior for a ACT, menor será a necessidade da ingestão de substâncias. Quanto maior for a ACT, maior será a quantidade de suor, urina e fezes; e quanto maior a quantidade de secreções e excreções, menor será a ACT.

**Figura 15** – Diagrama causal da ACT 2 por meio do *Loopy*.



Fonte – Elaboração do autor.

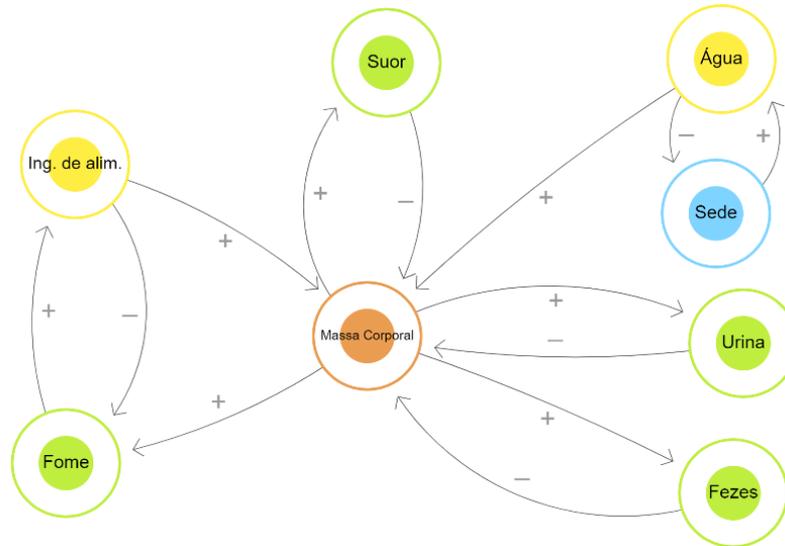
**Figura 16** – Diagrama causal da ACT 2 por meio do *Insight Maker*.



Fonte – Elaboração do autor.

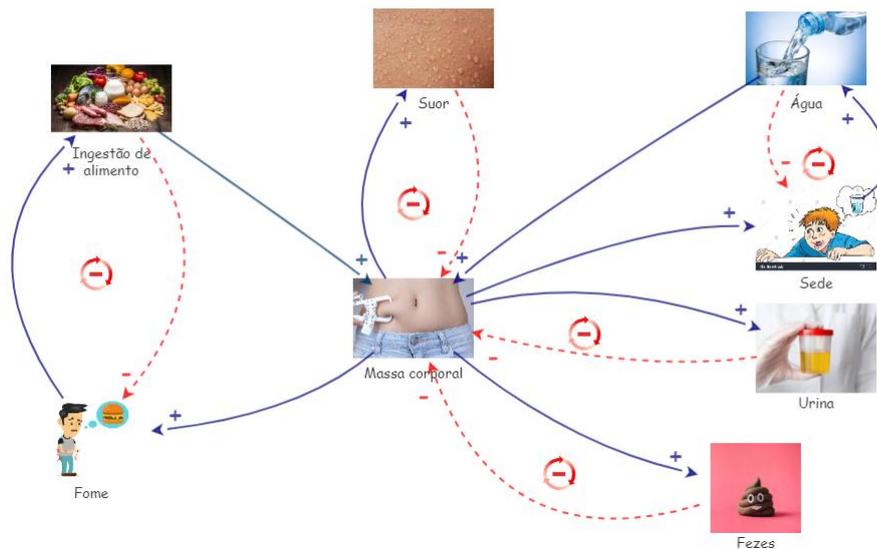
As figuras 17 e 18 são diagramas causais que possuem cinco ciclos de equilíbrio e oito elementos: ingestão de alimento; fome; suor; massa corporal; água; sede; urina e fezes. Usando a mesma lógica das figuras anteriores, quanto maior a massa corporal, maior será a fome, o suor, a sede e a quantidade de excrementos. Para reduzir a fome e a sede, faz-se necessário ingerir alimentos e água.

**Figura 17** – Diagrama causal da massa corporal por meio do *Loopy*.



**Fonte** – Elaboração do autor.

**Figura 18** – Diagrama causal da massa corporal por meio do *Insight Maker*.



**Fonte** – Elaboração do autor.

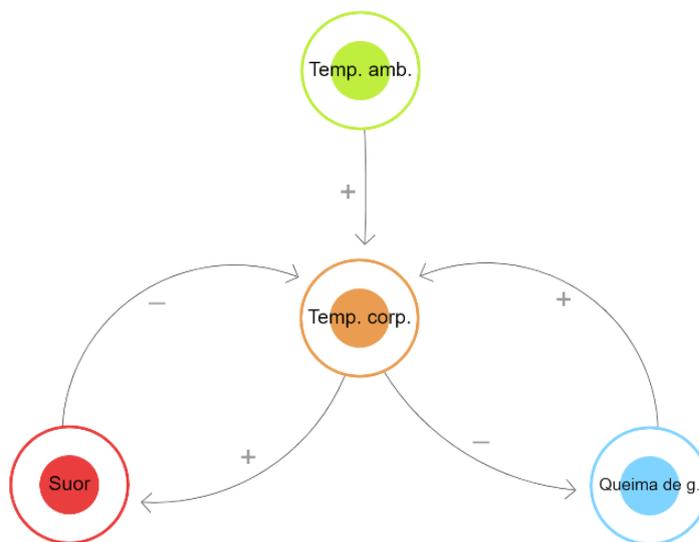
### 5.1.7 Homeostase da temperatura corporal

Outro exemplo de homeostase é a manutenção da temperatura corporal, que permanece próxima à 37°C, independentemente do ambiente externo, seja em uma água gelada a 0° C, ou em uma sauna a mais de 50°C. Quando está frio, o corpo reage para se aquecer; assim, a pessoa veste roupas volumosas, sente fome, movimentar-se, sente calafrios, tudo isso para reduzir a perda de calor para o ambiente. No caso, menos sangue é enviado para as extremidades do corpo, como mãos e pés, preservando o calor no núcleo do corpo. Por outro lado, quando está quente, o corpo precisa se resfriar de algum modo, a pessoa pode utilizar roupas mais leves, beber líquidos gelados ou suar. Assim, maiores quantidade de sangue são enviados para as extremidades, por isso a vermelhidão no rosto nessas ocasiões (Hewitt *et al.*, 2019).

Controlar a temperatura corporal é uma forma de regulação por *feedback* negativo. Esse tipo de homeostase envolve mudanças em uma variável que afetam outra variável e vice-versa. No caso da temperatura corporal, alterações desencadeiam respostas específicas que buscam regular essa temperatura. Quando a temperatura corporal fica mais quente ou mais fria, sensores localizados na periferia do cérebro enviam sinais ao centro de regulação de temperatura do seu cérebro, em uma região chamada de hipotálamo, informando que a temperatura se desviou do ponto de ajuste (Avisar *et al.*, 2013).

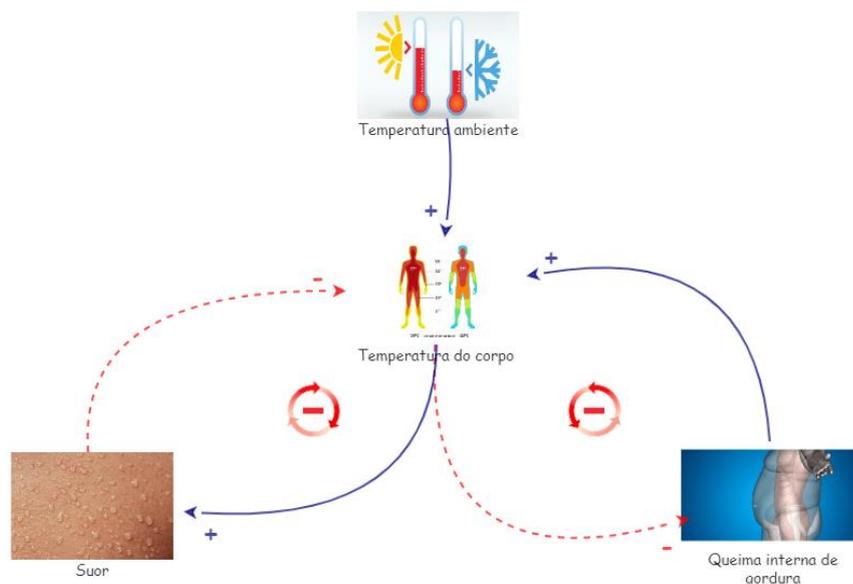
As figuras 19 e 20 são diagramas causais simplificados com apenas dois ciclos de equilíbrio com quatro elementos: temperatura ambiente; temperatura corporal; suor e queima interna de gordura. Assim, quanto maior a temperatura do ambiente, maior a temperatura do corpo, gerando suor e menor queima interna de gordura. No caso do frio, o processo se inverte.

**Figura 19** – Diagrama causal da regulação de temperatura 1 por meio do *Loopy*.



Fonte – Elaboração do autor.

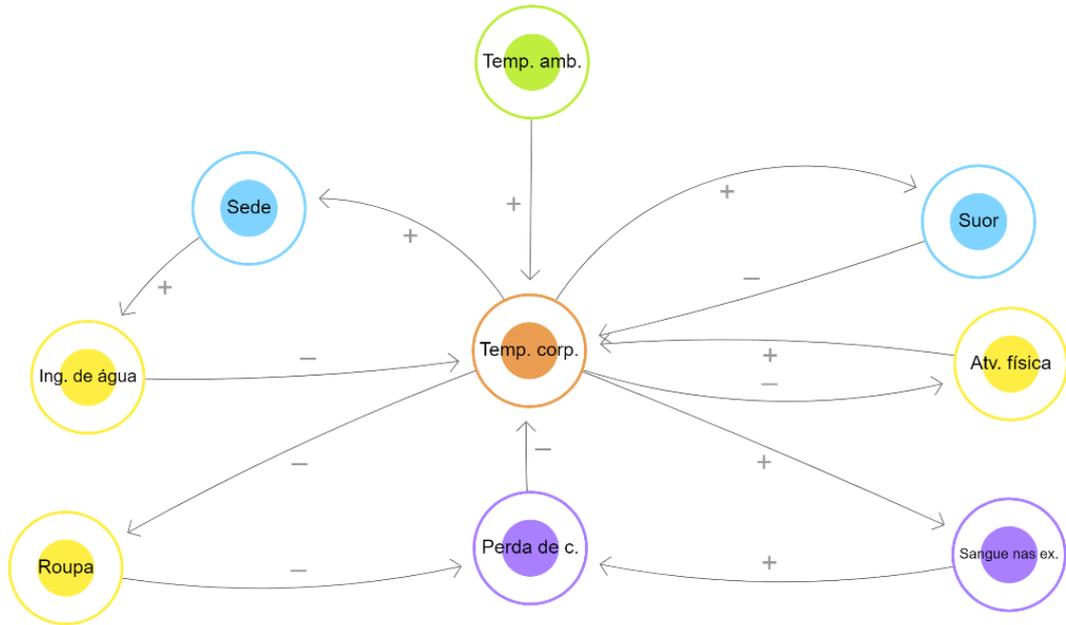
**Figura 20** – Diagrama causal da regulação de temperatura 1 por meio do *Insight Maker*.



Fonte – Elaboração do autor.

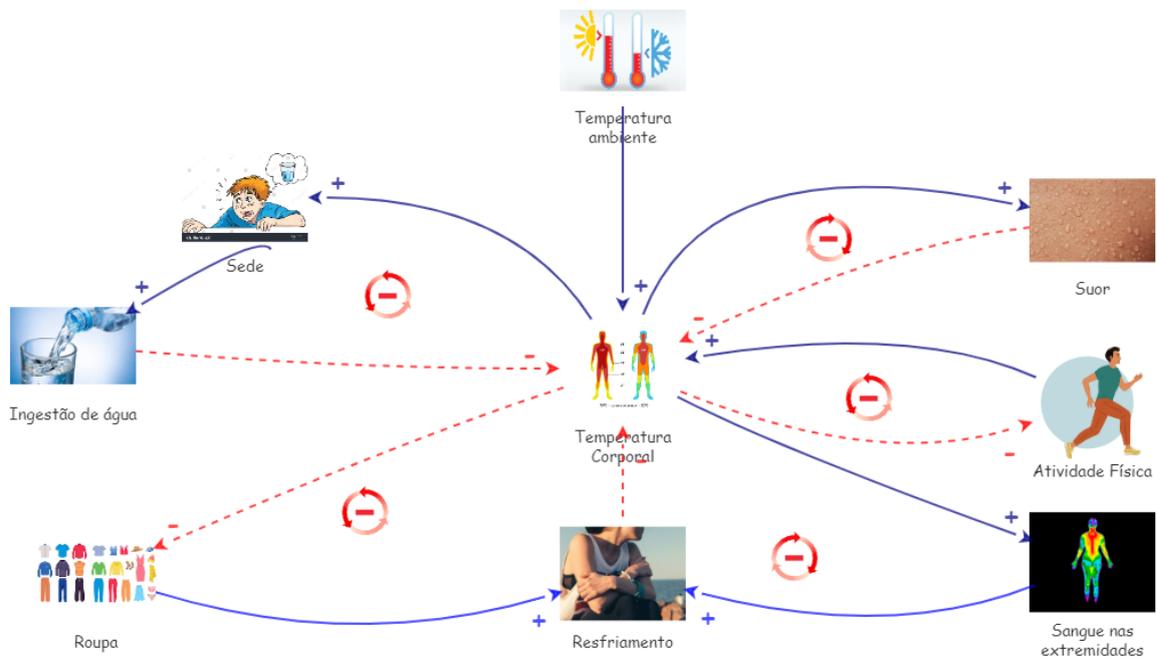
As figuras 21 e 22, por sua vez, possuem cinco ciclos de equilíbrio e nove elementos: temperatura ambiente; sede; água; roupa; resfriamento; temperatura corporal; suor; atividade física e sangue nas extremidades. Quanto menor a temperatura ambiente, menor será a temperatura corporal, maior a atividade física, uso de roupas e mais sangue nas extremidades. No calor, o processo será invertido.

**Figura 21** – Diagrama causal da regulação de temperatura 2 por meio do *Loopy*.



**Fonte** – Elaboração do autor.

**Figura 22** – Diagrama causal da regulação de temperatura 2 por meio do *Insight Maker*.



**Fonte** – Elaboração do autor.

## 5.2. Plano de aula sobre Homeostase

Este plano de aula sobre homeostase configura-se no Currículo em Movimento (2018) no 6º ano e sugere-se uma previsão de três aulas. A primeira para apresentação, a segunda e a terceira para produção de trabalho coletivo e a avaliação será realizada ao longo do processo. A homeostase será apresentada para os estudantes de forma concreta e rotineira como uma das características dos seres vivos. A seguir, serão apresentadas a estrutura do plano de aula:

**Plano de aula:** fisiologia – homeostase e pensamento sistêmico

**Ano:** 6º ano

**Dia e duração:** entre duas aulas duplas a três aulas duplas.

**Local:** sala de aula

**Unidade Temática:** vida e evolução.

**Conteúdos:** exemplos de homeostase no cotidiano – trabalho de parto; concentração de oxigênio, nutrientes, de íons, de água; glicemia e temperatura corporal.

**Macro objetivos da aula:** entender o conceito de homeostase a partir da linguagem sistêmica.

**Micro objetivos:** seguir os conteúdos envolvendo fisiologia humana, enfatizar a importância de práticas envolvendo o bem-estar; desenvolver a capacidade de pensamento integrado dos estudantes, além de desenvolver o pensamento complexo: estruturas de organização da natureza.

**Metodologia:**

1. Inicialmente será realizada uma conversa com os estudantes para ter uma análise diagnóstica sobre os conhecimentos prévios dos mesmos sobre fisiologia, os sistemas do corpo, células, tecidos, órgãos e como eles se interconectam.
2. Posteriormente será mostrado o conceito de homeostase e alguns exemplos para que os estudantes possam visualizar esses processos no cotidiano.
3. Em seguida, serão mostrados os conceitos iniciais da linguagem de Pensamento Sistêmico: a definição de sistema, seus componentes, suas propriedades, a definição de Dinâmica de Sistemas, ciclos de retroalimentação e diagramas causais. Muitos exemplos serão mostrados para melhor assimilação dos estudantes.
4. Ao longo da aula, os estudantes deverão elaborar os próprios diagramas causais que ficarão como atividade de casa e deverão ser entregues na aula seguinte.

**Recursos didáticos necessários:** quadro branco, slides, papel impresso, dispositivos digitais e *softwares*.

**Avaliação da aprendizagem:** discussão em grupo sobre os diagramas causais, o conceito de homeostase, os conteúdos temáticos dos exemplos e a estrutura complexa da natureza. Assim, o professor pode fazer uma avaliação direta ou cruzada, ou seja, pedir para que os próprios estudantes avaliem os diagramas dos colegas para aprendam uns com os outros, com o intuito de reforçar os aprendizados e exercer habilidades de comunicação e solidariedade.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de Ciências no Brasil passou por diversas modificações ao longo do tempo, contudo, ainda possui dificuldades para se atualizar na era digital. O advento de novas tecnologias, como *softwares* digitais ou até mesmo a inteligência artificial, não foi incorporada por uma parcela considerável dos professores. Dessa forma, o ensino de Ciências ainda possui diversos desafios para se tornar mais atrativo, principalmente para os jovens em idade escolar que estão habituados a usarem telas, sobretudo depois da pandemia de COVID-19, quando precisaram ficar em isolamento espacial para preservarem a si próprios e aos demais.

Esses jovens possuem uma atenção diferente da geração anterior. O uso excessivo de dispositivos digitais e redes sociais gera uma maior necessidade de dopamina, o que acarreta em uma menor atenção a longo prazo, sobretudo às atividades mais trabalhosas, como ler e estudar. Assim, o uso de aulas tradicionais, como as expositivas, em que se utiliza o pincel e o quadro branco, continuam sendo importantes; contudo, não podem ser o único recurso didático. A nova geração de professores precisa estar ciente de que as aulas de hoje não podem ser iguais a de décadas atrás. É preciso se atualizar e dispor de novos recursos didáticos, como aulas práticas com experimentos laboratoriais ou recursos didáticos digitais.

Este trabalho é um estudo sobre como utilizar recursos didáticos diferenciados para lecionar conteúdos previstos dentro da BNCC e do Currículo em Movimento do Distrito Federal, usando um recorte de fisiologia – homeostase, conteúdo do 6º ano do eixo Vida e Evolução. O Pensamento Sistêmico e os *softwares* digitais, como o *Insight Maker* e o *Loopy*, podem ser utilizados também em diversos outros conteúdos científicos e em aulas interdisciplinares. Essas ferramentas são poderosas justamente por se encaixarem em diversos estudos. O importante é o professor se apropriar dessa linguagem, preparar-se, criar um plano de aula condizente com a sua turma, adaptar o conteúdo e estar disposto a ensinar e aprender com a turma.

O trabalho detalhou como funciona o diagrama causal e seus componentes, de uma maneira que qualquer professor ou estudante possa criar seus próprios esquemas. Além disso, a partir do trabalho foi possível exercitar o Pensamento Sistêmico e utilizar seus métodos para aprender temas sobre a organização sistêmica da natureza, o que gera uma mudança de paradigma de uma visão reducionista, em que se estuda os conhecimentos de modo compartimentado para uma visão generalista, em que o todo e o indivíduo estão conectados e se retroalimentam, formando um sistema. Portanto, os objetivos de pesquisa foram atingidos e os professores de Ciências podem utilizar as imagens na sua íntegra ou como base para lecionar os assuntos referentes à homeostase, assim como o plano de aula sugerido.

A homeostase é um processo absolutamente comum nos seres vivos e em outros sistemas naturais e sociais. Quanto mais complexos os sistemas, maior a sua dependência da manutenção da homeostase. Saber identificá-la ajuda o indivíduo inclusive a cuidar melhor da própria saúde. Afinal, além de aprender de uma forma diferente, os estudantes podem se conscientizar da importância de algumas práticas de bem-estar, como beber água, reduzir o consumo de açúcar e praticar esportes. Ainda, permite que o estudante possa ter uma nova cosmovisão e tenha ferramentas para criar modelos que contemplem os seus interesses, a compreensão da causa-efeito. O Pensamento Sistêmico exercita diversas habilidades, como: concentração, percepção e criatividade, gerando uma formação mais robusta enquanto indivíduo e futuro profissional.

O trabalho é uma proposta teórica ricamente exemplificada que deverá ser aplicada por professores de Ciências no ensino fundamental, médio e superior, cuja pesquisa pode ser aprofundada a partir da aplicação da metodologia de estudo de caso.

## Referências

- AMARAL, João Alberto Arantes do. **Desvendando Sistemas**. São Paulo. Ed. Do autor, 2012. ISBN 978-85-911580-1-0. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5661115/mod\\_resource/content/1/DesvendandoSistemasPDFweb1JoaoArantes.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5661115/mod_resource/content/1/DesvendandoSistemasPDFweb1JoaoArantes.pdf). Acesso em: 22 de julho de 2024.
- ANTUNES, Gianni Ramos; CAMARGO, Gislene. **Princípios e fundamentos da Pedagogia Waldorf**. Saberes Pedagógicos, v. 6, n. 2, p. 22–38, 7 dez. 2022. Disponível em: <https://periodicos.unesc.net/ojs/index.php/pedag/article/view/7746/6522>. Acesso em 22 de julho de 2024.
- AVISSAR, Yael; CHOI, Jung Ho; RYE, Connie; DESAIX, Jean; JURUKOVSKI, Vladimir; WISE, Robert. **Biology | OpenStax**. Editora OpenStax College, Rice University, 2013. Disponível em: <https://openstax.org/books/biology/pages/1-introduction>. Acesso em: 22 de julho de 2024.
- BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto editora, 1994.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular – BNCC; a educação é a base**. Brasil, 2017. Disponível em: <https://observatoriodoensinomedio.ufpr.br/wp-content/uploads/2017/04/BNCC-Documento-Final.pdf>. Acesso em: 22 de julho de 2024.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Pisa 2018 revela baixo desempenho escolar em Leitura, Matemática e Ciências no Brasil**. 2019. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/211-218175739/83191-pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil>. Acesso em: 22 de julho de 2024.
- CANNON, Walter Bradford. **Organization for physiological homeostasis**. Physiological reviews, v. 9, n. 3, p. 399-431, 1929.
- COELHO, Luana; PISONI, Silene. **Vygotsky: sua teoria e a influência na educação**. Revista e-Ped - FACOS/CNEC Osório, vol. 2- Nº 1-AGO/2012. ISSN2237-7077. Disponível em: [https://facos.edu.br/publicacoes/revistas/e-ped/agosto\\_2012/pdf/vygotsky\\_-\\_sua\\_teor%C3%ADa\\_e\\_a\\_influ%C3%ADncia\\_na\\_educacao.pdf](https://facos.edu.br/publicacoes/revistas/e-ped/agosto_2012/pdf/vygotsky_-_sua_teor%C3%ADa_e_a_influ%C3%ADncia_na_educacao.pdf). Acesso em: 22 de julho de 2024.
- COLLADO, Carlos Fernández; SAMPIERI; Roberto Hernández; LUCIO, Pilar Baptista. **Metodologia de Pesquisa**. 3 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- DE SOUZA, Salete Eduardo. **O uso de recursos didáticos no ensino escolar**; I Encontro de Pesquisa em Educação, IV Jornada de Prática de Ensino, XIII Semana de Pedagogia da UEM: “Infância e Práticas Educativas”. Arq Mudi. 2007. Disponível em: <http://www.dma.ufv.br/downloads/MAT%20103/2015-II/slides/Rec%20Didaticos%20-%20MAT%20103%20-%202015-II.pdf>. Acesso em 22 de julho de 2024.

DICIO – Dicionário Online de Português. **Homeostase**. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/homeostase/>. Acesso em 8 de setembro de 2024.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Educação do DF. **Currículo em Movimento da Educação Básica: Ensino Fundamental Anos Iniciais**. Brasília, 2018. Disponível em: [https://www.educacao.df.gov.br/wp%20conteudo/uploads/2018/02/Curri%CC%81culo-em-Movimento-Ens-fundamental\\_19dez18.pdf](https://www.educacao.df.gov.br/wp%20conteudo/uploads/2018/02/Curri%CC%81culo-em-Movimento-Ens-fundamental_19dez18.pdf). Acesso em: 22 de julho de 2024.

FERREIRA, Aline Cristina; MARTINS, Letícia Gonzales; JESUS, Juliana Soares de; NEVES, Maura Assad Pimenta, ARRINELI, Guilherme Siqueira; SOUZA, Vera Lucia Trevisan de. **Adolescentes desinteressados? Reflexões de estudantes do ensino médio público sobre sua escola**. Revista de psicologia (Santiago), v. 30, n. 1, p. 18–31, 1 jan. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.cl/pdf/revpsicol/v30n1/0719-0581-revpsicol-30-1-00018.pdf>. Acesso em 22 de julho de 2024.

FORRESTER, Jay Wright. – **Industrial Dynamics – The M.I.T. Press** – Cambridge – Massachusetts – USA – 1961

FOX, Stuart Ira. **Fisiologia humana**. 7. ed. Barueri, SP: Manole, 2007. 726 p., il., 1. ISBN 9788520414736.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 42. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005. 213 p. ISBN 8521900058.

HEWITT, Paul; SUCHOCKI, John; LYONS, Suzanne; YEH, Jennifer. **Conceptual Integrated Science**. 3d. Pearson Education. EUA, 2019.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de ensino de biologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

**LOOPY!** Disponível em: <https://ncase.me/loopy>. Acesso em 22 de julho de 2024

MEADOWS, Donella H; MEADOWS, Dennis L; RANDERS, Jørgen. **Os limites do crescimento: the 30-years update**. Chelsea Green Publishing Company, 2004.

MEADOWS, Donella. **Pensando em Sistemas**. Chelsea Green, 2010.

PEARSON. **Insight Maker | Free Simulation and Modeling in your Browser**. Disponível em: <https://insightmaker.com>. 2024. Acesso em 22 de julho de 2024.

QUIRINO, Valker Lopes. **Recursos didáticos: fundamentos de utilização**. 2011. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2011. Disponível em: <https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2278/1/PDF%20-%20Valker%20Lopes%20Quirino.pdf>. Acesso em: 22 de julho de 2024

SARANTAKOS, Sotiros. **Social Research**. 3 ed. Nova York: Palgrave Macmillian, 2005.

SCHWARTZMAN, Simon. **EDUCAÇÃO: A NOVA GERAÇÃO DE REFORMAS**. Reformas no Brasil: Balanço e Agenda. Rio de Janeiro. Editora Nova Fronteira, 2004, pp. 481-504. Disponível em: <https://www.schwartzman.org.br/simon/pdf/reformas.pdf>. Acesso em: 24 de julho de 2024.

SENGE, Peter. **A Quinta disciplina: Arte e Prática da Organização que aprende**. Editora Best Seller, 1990.

SILVA-BATISTA, Inara Carolina da; MORAES, Renan Rangel. **História do ensino de Ciências na Educação Básica no Brasil (do Império até os dias atuais)**. *Revista Educação Pública*, v. 19, nº 26, 22 de outubro de 2019. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/26/historia-do-ensino-de-ciencias-na-educacao-basica-no-brasil-do-imperio-ate-os-dias-atuais>. Acesso em: 24 de julho de 2024.

SILVERTHORN, Dee Unglaub. **Fisiologia humana. Uma abordagem integrada**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

STERMAN, John. **Business Dynamics**. Editora McGraw-Hill, 2000.

TAVARES, Luis Antonio.; MEIRA, Matheus Carvalho; AMARAL, Sergio Ferreira do. **Inteligência Artificial na Educação: Survey**. Curitiba, 2020.

WLINKIT. **Dinâmica de Sistemas – Conceitos envolvidos**. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro. Disponível em: [http://www.nce.ufrj.br/ginape/wlinkit/tutorial/conceitosenvolvidos\\_cont.htm](http://www.nce.ufrj.br/ginape/wlinkit/tutorial/conceitosenvolvidos_cont.htm). Acesso em: 22 de julho de 2024.