



MARYKLAYNE ARAUJO DOS ANJOS

INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA NA EDUCAÇÃO  
PROFISSIONAL COM USO DE AUTÔMATOS CELULARES

ARAPIRACA, AL

2023



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS**  
**UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL**  
*CAMPUS ARAPIRACA*  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO**  
**DIRETORIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA**  
**SISTEMA UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL**

**MARYKLAYNE ARAUJO DOS ANJOS**

**INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL COM USO DE  
AUTÔMATOS CELULARES**

Trabalho de Final de Conclusão de Curso (TFCC) apresentado aos cursos de nível pós-graduação do Instituto Federal de Alagoas, *campus Arapiraca*.

**ARAPIRACA, AL**

**2023**



MARYKLAYNE ARAUJO DOS ANJOS

INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL COM USO DE  
AUTÔMATOS CELULARES

Trabalho Final de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Docência para a Educação Profissional e Tecnológica do Instituto Federal de Alagoas para Obtenção de certificado de especialista.

Orientador: Prof.º Dr. Maurício Vieira Dias Júnior.

Co-orientador: Prof.º Msc. Cristiano Tenório-Santos

ARAPIRACA, AL

2023 ▼

MARYKLAYNE ARAUJO DOS ANJOS

INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL COM USO DE  
AUTÔMATOS CELULARES

Trabalho Final de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Docência para a Educação Profissional e Tecnológica do Instituto Federal de Alagoas para Obtenção de certificado de especialista.

Aprovada em: 12 09 2023

Conceito Obtido: 9

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente



**MAURICIO VIEIRA DIAS JUNIOR**  
Data: 27/12/2023 22:10:43-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.º Dr. Maurício Vieira Dias Júnior (Orientador)

Instituto Federal de Alagoas – IFAL

Documento assinado digitalmente



**WALKER ARAUJO ATAIDE**  
Data: 29/12/2023 17:06:32-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.º Msc. Walker Araújo Ataide

Instituto Federal de Alagoas – IFAL

Prof.º Msc Leandro Lima Casado dos Santos

Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Dedicado à pessoa mais legal que eu conheço:

Eu.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, gostaria de expressar minha sincera gratidão ao meu orientador e coorientador pelo apoio contínuo, pela paciência e imenso conhecimento. Eu não poderia imaginar encontrar pessoas melhores para me ajudar nesta pesquisa. Maurício e Cris, vocês foram fantásticos!

Tenho um carinho todo especial pelo Cris que esteve comigo desde o ensino médio, no cursinho pré-vestibular, no dia que passei no vestibular e durante a graduação! Me ajudou horrores na graduação em projetos de pesquisa na UFAL e principalmente no TCC. Você foi muito importante na minha graduação e agora na especialização. E te digo mais Cris, irei te perturbar ainda no futuro, pode esperar isto aqui é só o começo!

Gostaria de agradecer a minha mãe e a minha irmã Bia por me incentivarem sempre a estudar e por me deixarem concluir minha pesquisa com tranquilidade e paz. Valeu!

“O primeiro pecado da humanidade foi a fé; a primeira virtude foi a dúvida”. (Carl Sagan)

## RESUMO

Os problemas que os discentes se deparam ao longo de sua jornada na aprendizagem de matemática é algo bastante discutido no meio acadêmico por diversos autores. Assim, a fim de mitigar esta problemática, este trabalho realizou uma intervenção com os alunos do 2º ano do curso técnico em Rede do Instituto Federal de Alagoas (IFAL) e mostrou a importância do uso do conceito de Autômato Celular (AC) na interdisciplinaridade de conteúdos que envolvem a matemática. Nesta circunstância, este trabalho também apresentou aos discentes um simulador de AC, o AutomatoLab, o qual foi possível que eles realizassem testes no simulador e respondessem a uma pesquisa qualitativa sobre a ferramenta e sobre o uso de ACs. O resultado da pesquisa demonstrou que a maioria dos discentes acreditam que é necessário prévio conhecimento sobre ACs para utilizar esse tipo de tecnologia, mas que esse tipo de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) pode ajudar alguns discentes a se interessarem pelo assunto abordado.

**Palavras-chave:** Autômato Celular; Ensino; Discentes.

## **ABSTRACT**

The problems that students face along their journey in learning mathematics is something much discussed in academia by several authors. Thus, in order to mitigate this problem, this work carried out an intervention with the students of the 2nd year of the technical course in Network of the Federal Institute of Alagoas (IFAL) and showed the importance of using the concept of Cellular Automata (CA) in the interdisciplinarity of content involving mathematics. In this circumstance, this work also presented the students with a CA simulator, the AutomatoLab, which made it possible for them to perform tests in the simulator and respond to a qualitative survey about the tool and the use of CAs. The research result showed that most students believe that prior knowledge about CAs is necessary to use this type of technology, but that this type of Digital Information and Communication Technologies (TDIC) can help some students to become interested in the subject addressed.

**Keywords:** Cellular Automata; Education; Students.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Uma das questões do PISA aplicado no ano de 2022.....	14
FIGURA 2 -	Médias, intervalos de confiança e percentis das proficiências dos países selecionados – Matemática – Pisa 2018.....	15
FIGURA 3 -	Médias, do Brasil nas últimas edições do PISA.....	16
FIGURA 4 -	Quadro inicial com cinco células preenchidas de nove.....	19
FIGURA 5 -	Configuração de célula inicial e exemplo de regra que pode ser utilizada.....	19
FIGURA 6 (a) -	A imagem mostra a célula com relação a vizinha de 8, em que as suas diagonais são levadas em consideração.....	20
FIGURA 6 (b) -	A imagem mostra a célula com relação a vizinha de 4, em que as suas diagonais são levadas em consideração.....	20
FIGURA 7 -	Esta imagem mostra 4 evoluções no Jogo da Vida.....	20
FIGURA 8 -	Fluxograma da metodologia empregada no projeto.....	24
FIGURA 9 -	Esta imagem mostra o uso da aplicação AutomatoLab por um discente.....	25
FIGURA 10 -	Escala de Likert.....	26
FIGURA 11 -	Gráfico com a primeira pergunta da primeira sessão: “O que você mais gostou do sistema?”.....	28
FIGURA 12 -	Gráfico com a segunda pergunta da primeira sessão: “Este sistema consegue produzir algum efeito positivo no tocante ao assunto abordado?”.....	29
FIGURA 13 -	Gráfico com a terceira pergunta da primeira sessão: “Este sistema pode fazer algum discente se interessar pelo assunto abordado?”.....	30
FIGURA 14 -	Gráfico com a quarta pergunta da primeira sessão: “Quanto tempo você levou para construir um autômato com 10 vizinhos e executar?”.....	31
FIGURA 15 -	Gráfico com a quinta pergunta da primeira sessão: “O que você mudaria no sistema? Acrescentaria ou retiraria.”.....	31

FIGURA 16 -	Gráfico com a primeira pergunta da segunda sessão: “O sistema foi fácil de usar?” .....	31
FIGURA 17 -	Gráfico com a segunda pergunta da segunda sessão: “O sistema apresentou alguma falha ou comportamento inesperado durante o uso?” .....	32
FIGURA 18 -	Gráfico com a terceira pergunta da segunda sessão: “O tempo para concluir as tarefas foram satisfatórias?” .....	33
FIGURA 19 -	Gráfico com a quarta pergunta da segunda sessão: “As mensagens de erros foram claras?” .....	34
FIGURA 20 -	Gráfico com a primeira pergunta da terceira sessão: “A maioria das pessoas conseguiriam usar o sistema sozinhas? .....	34
FIGURA 21 -	Gráfico com a segunda pergunta da terceira sessão: “A organização das informações que estão na tela do sistema é clara e objetiva?” .....	35

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

PISA	Programa Internacional de Avaliação de Alunos
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
AC	Autômato Celular
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
IFAL	Instituto Federal de Alagoas
TDIC	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
IA	Inteligência Artificial
GUI	Interface Gráfica do Usuário
SO	Sistema Operacional

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>1.1 OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
1.1.1 Objetivo Geral .....	17
1.1.2 Objetivos Específicos.....	18
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>18</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2 SISTEMA DO AC</b> .....	<b>23</b>
<b>3.3 NATUREZA DA PESQUISA</b> .....	<b>26</b>
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>27</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>36</b>
<b>8 APÊNDICE A – INSTRUMENTO PARA COLETA DE INFORMAÇÕES DO USUÁRIO</b> .....	<b>39</b>

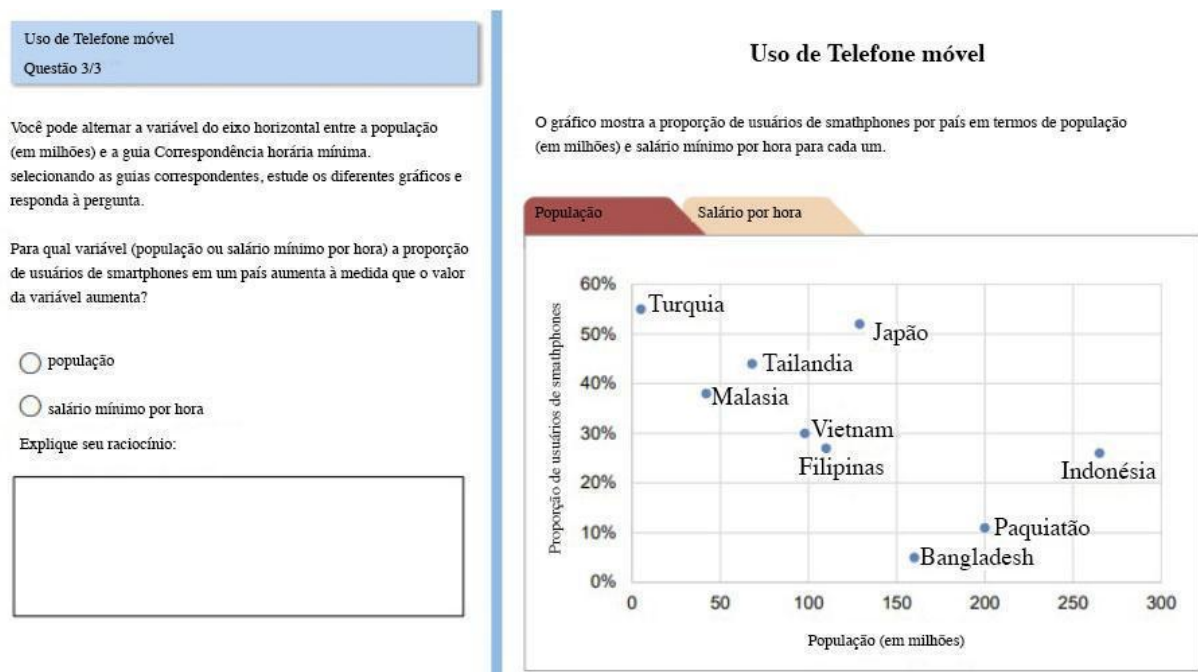
## 1 INTRODUÇÃO

É sabido que muitos discentes costumam encontrar diversos obstáculos na aprendizagem de matemática, fato que reflete em suas notas. Essa temática é bastante abordada na literatura por diversos profissionais como Masola (2019) e Santos (2018) que procuram mitigar esses resultados.

Ratificando essa conjectura, tem-se a avaliação dos discentes pelo Programa Internacional de Avaliação de Alunos<sup>1</sup> (PISA). Nele pode-se observar que quatro dimensões de conteúdos tiveram atenção especial no PISA no ano de 2022, são elas: “Fenômenos de crescimento (variações e relações), aproximação geométrica (espaço e forma), simulações de computador (grandeza), e tomada de decisão condicionada (incerteza e dados)” (PISA22, 2023).

Com isso, pode-se observar que a área de tomada de decisão em relação a incerteza e dados é algo que ganhou mais espaço nesta prova tão importante. Na Figura 1<sup>2</sup> é possível ver uma das questões do PISA no ano de 2022 em que é cobrado o conteúdo abordado.

Figura 1: Uma das questões do PISA aplicado no ano de 2022.



Fonte: (Adaptado de PISA22, 2023).

<sup>1</sup> É um programa do governo que realiza testes com discentes do Ensino Fundamental e Médio a fim de avaliá-los. É utilizado em vários países.

<sup>2</sup> Figura com tradução livre para o português pela autora.

Além disso, um dos indicadores dessa problemática é possível ser visto nos os resultados do último relatório oficial do PISA que é referente ao ano de 2018. A comparação na perspectiva internacional é realizada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico<sup>3</sup> (OCDE) do PISA no Brasil com outros países leva em consideração países que apresentam proximidade física e cultural com o Brasil. Assim, a Figura 2 mostra que o Brasil na área de matemática ficou apenas à frente de três países, são eles: Argentina, Panamá e República Dominicana.

Figura 2: Médias, intervalos de confiança e percentis das proficiências dos países selecionados – Matemática – Pisa 2018.

PAÍS	RANKING <sup>1</sup>	MÉDIA	EP <sup>2</sup>	IC <sup>3</sup>	INTERDECIL <sup>4</sup>
Coreia	5-9	526	3,1	520-532	393-651
Canadá	10-16	512	2,4	507-517	392-629
Finlândia	12-18	507	2,0	503-511	399-612
Portugal	23-31	492	2,7	487-498	362-614
Média OCDE	-	489	0,4	489-490	370-605
Espanha	32-37	481	1,5	479-484	365-593
Estados Unidos	32-39	478	3,2	472-485	357-598
Uruguai	54-60	418	2,6	413-423	307-529
Chile	55-60	417	2,4	413-422	311-528
México	60-63	409	2,5	404-414	311-510
Costa Rica	61-66	402	3,3	396-409	308-499
Peru	62-67	400	2,6	395-405	293-511
Colômbia	66-70	391	3,0	385-397	290-499
<b>Brasil</b>	<b>69-72</b>	<b>384</b>	<b>2,0</b>	<b>380-388</b>	<b>277-501</b>
Argentina	70-73	379	2,8	374-385	272-489
Panamá	76-77	353	2,7	348-358	255-454
República Dominicana	78-78	325	2,6	320-330	236-417

Fonte: (RelatórioPISA2018, 2020).

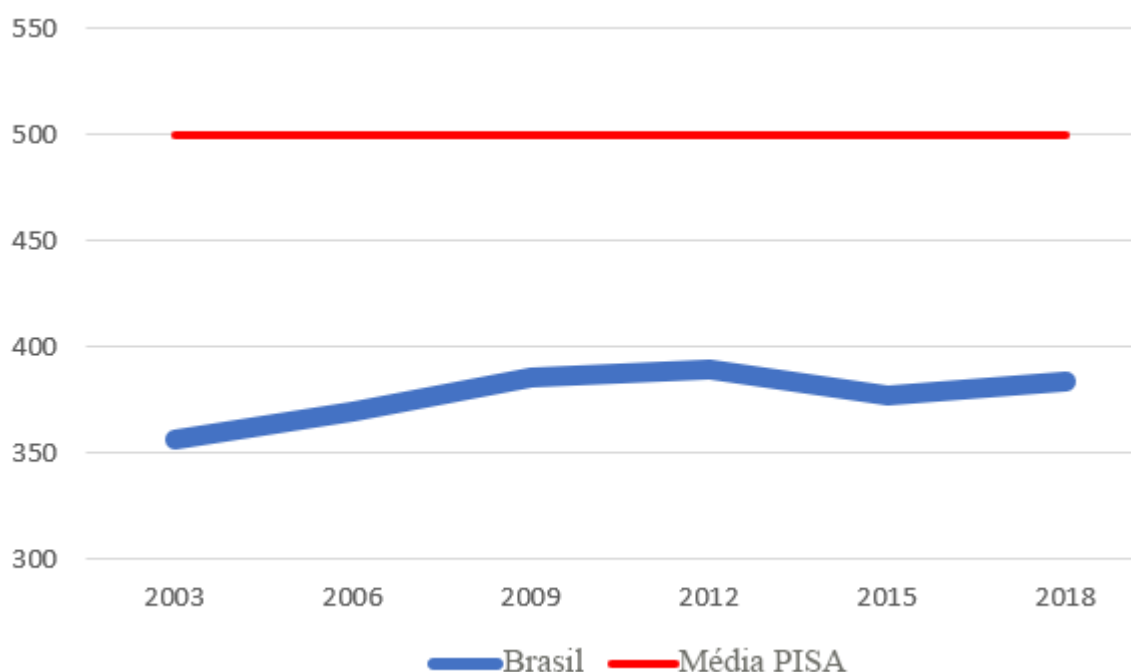
Este resultado mostra que os alunos brasileiros estão abaixo em comparação com alunos de outros países que possuem características semelhantes. Ademais, na Figura 3 é possível observar que o Brasil com 384 pontos em 2018 ainda está muito abaixo da meta

<sup>3</sup> É o órgão responsável por elaborar o PISA e seu relatório.

estipulada pela OCDE que é de 500 pontos. Apesar de tudo, observa-se um lento crescimento entre as edições.

Entendendo esta problemática, uma ferramenta que pode auxiliar o processo de ensino-aprendizado, seria o uso de Autômatos Celulares (AC), principalmente com essas novas tecnologias e as disciplinas fomentando uma interdisciplinaridade durante as análises dos alunos nas situações de problemas reais, principalmente dos conteúdos que possuem ligação à probabilidade e estatística.

Figura 3: Médias, do Brasil nas últimas edições do PISA.



Fonte: Gráfico confeccionado pelo autor com base nos dados do (PISA22, 2023).

Assim, é sabido que os ACs são estruturas que podem ser utilizadas para fins determinísticos ou probabilísticos, este conceito foi desenvolvido pelo matemático John von Neumann em 1940 e consistia em uma unidade (chamada de célula) que se autorreplicava em uma grelha bidimensional (CIOLPAN, 2022).

Além dessa possibilidade, atualmente observa-se uma ampla variedade de ACs empregados em diversas áreas do conhecimento, como para a tomada de decisões de medidas contra o avanço de disseminação de doenças contagiosas. Isso pode acontecer através de uso

de simuladores, os quais são utilizados para calcular a probabilidade da mobilidade, da velocidade e da transmissão do vírus em amostras de populações, fazendo assim, que seja possível para os pesquisadores saberem o tempo em que a doença progride e assim qual o melhor tratamento utilizar ou calcular o tempo que uma comunidade levará para habitar uma região (OLIVEIRA, 2020).

Além dos pesquisadores da área da biologia e sociologia como no exemplo mostrado, estudiosos da matemática desenvolvem vários simuladores de ACs, como pode ser visto em Oliveira (2020). Em seu artigo da área de Estatística Matemática, dez simulações com ACs foram realizadas em um percentual da população infectada pelo SARS-CoV-2<sup>4</sup>.

Nessa pesquisa, nota-se a importância da análise de Oliveira com o uso de ACs para verificar os efeitos que o isolamento provocou, pois atualmente o mundo acabou de passar por uma pandemia causada por este vírus. Assim, através dessa análise, foi possível entender como o isolamento social ajudou na diminuição na quantidade de infectados pelo vírus descrito (OLIVEIRA, 2020).

Ademais, o uso de ACs em outras áreas além da saúde e computação, necessitam de mais estudos, como a de dinâmica de desenvolvimento do uso e ocupação do solo e para a área de design, como a geração texturas realistas em Pinheiro (2017) de pele de animais como de serpentes.(CAMPOS, 2019).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Devido os baixos índices em matemática que alunos brasileiros vêm demonstrando, essa pesquisa busca realizar uma intervenção com alunos do curso técnico do IFAL, a fim de mostrar como o uso AC pode ajudar no ensino-aprendizagem de Matemática/Estatística. E como ela pode contribuir para o incentivo da interdisciplinaridade e na análise de problemas reais o que auxiliará no processo de aprendizagem.

---

<sup>4</sup> Vírus este que originou o Coronavírus (COVID-19).

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma intervenção com os alunos do curso de técnico em informática do IFAL;
- Realizar uma pesquisa qualitativa sobre a ferramenta e o uso de ACs com os alunos do curso técnico do IFAL;
- Promover a utilização de tecnologias de análise de dados e análises estatísticas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conceito de ACs surgiu na mesma época do início da Ciência da Computação (década de 40), esta teoria foi proposta por Von Neumann para verificar se uma máquina poderia se autorreplicar, caso isso fosse possível (teoricamente), ela poderia criar cópias de si mesma utilizando-se da automação. Essa técnica pode ser vista no livro do principal estudioso na área de ACs atualmente, Kim Eric Drexler em seu livro *Engines of Creation* (Máquinas da Criação, em uma tradução livre) (SEDA, 2020) (WOLFRAM, 1983) (DREXLER, 1986).

Posteriormente, na década de 70, John Conway criou o Jogo da Vida, que consistia em transformar os ACs em um jogo infinito. A cada “geração” ou “tempo” as regras são reaplicadas. No Jogo da Vida de Conway as regras são:

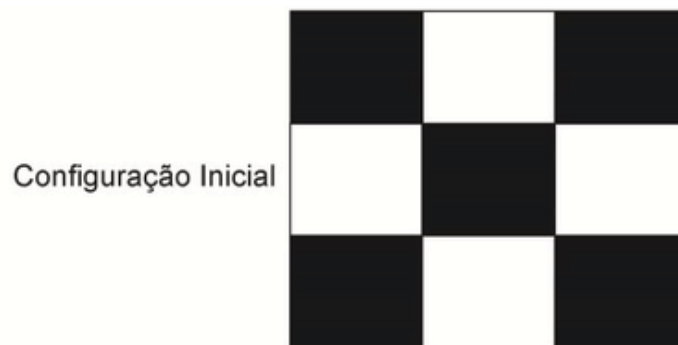
- Toda célula morta com três vizinhos vivos se torna viva (nasce).
- Toda célula viva com menos de dois vizinhos vivos, morre porque ficou isolada.
- Toda célula viva com mais de três vizinhos vivos morre por superpopulação.
- Toda célula viva com dois ou três vizinhos vivos permanece viva (BERLEKAMP, 2018).

Este modelo de Conway pode ser utilizado em diversas áreas até hoje ele é bastante útil e continua sendo atual. Mais tarde diversos estudiosos da matemática e da informática alteraram algumas de suas regras a fim de realizarem novos estudos nesta área e hoje vários autômatos podem implementar as mesmas regras como os usuários podem inserir novas regras dependendo da funcionalidade de cada simulador e do propósito para o qual ele foi desenvolvido. Por isso ela é a base de vários outros aplicativos hoje em dia.

Em Wolfram (1983) nota-se que cada estrutura (ou célula como é chamado pelo autor) pode ser utilizada para simular a evolução de um objeto no espaço. Isso dá-se ao fato

dela (a célula) poder assumir um comportamento simples se observada individualmente e complexa se observada em grupo. Este comportamento pode ser alterado ou manter-se inalterado dependendo das “regras impostas” às células. Essas regras sempre levam em consideração o estado atual de cada célula e de seus vizinhos (WOLFRAM, 1983). A Figura 4 mostra um modelo exposto para melhor entendimento do funcionamento básico da técnica e assim, melhor compreensão do assunto abordado. Assim, é possível observar células, vizinhança e regras aplicadas.

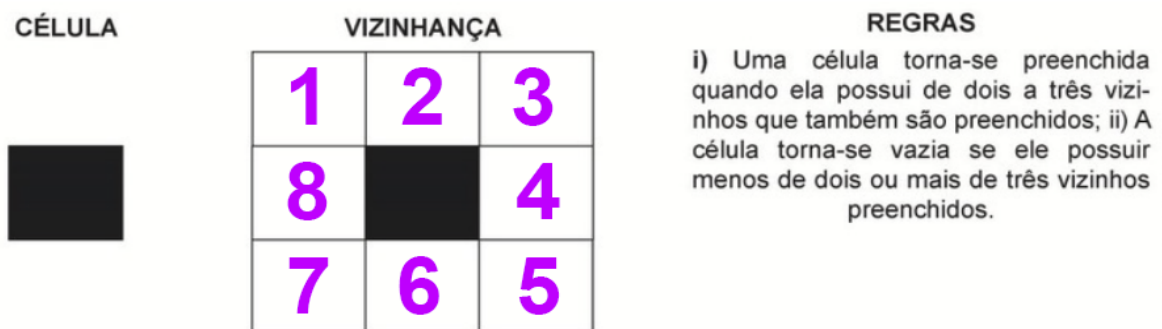
Figura 4: Quadro inicial com cinco células preenchidas de nove.



Fonte: Fonte (MITCHELL, 2009).

Pode-se ver que temos inicialmente cinco células “vivas” pretas (preenchidas). A célula central tem todos os vizinhos preenchidos. Neste exemplo foi usado a vizinha de 8. A célula somente se tornará vazia se possuir 1 vizinho ou mais de 3. Ela ficará preenchida se possuir de 2 a 3 vizinhos preenchidos. Na Figura 5 mostra a célula na grade. O foco será na célula central. A regra será a mencionada anteriormente (DALCIN-UNISINO, 2019).

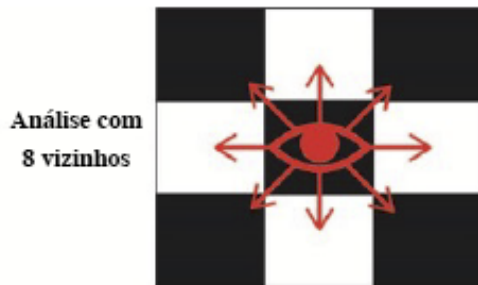
Figura 5: Configuração de célula inicial e exemplo de regra que pode ser utilizada.



Fonte: (MITCHELL, 2009), adaptado pela autora.

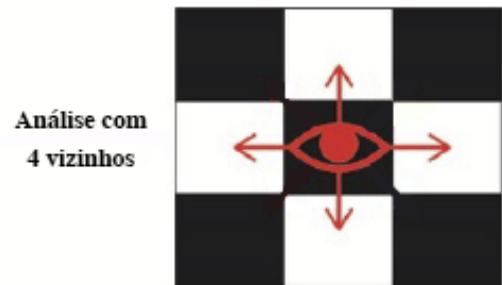
Na sequência será realizada a análise da vizinhança, a Figura 6 (a) mostra a aplicação da regra para a vizinhança de 8, ou seja, contanto com as células diagonais. No entanto, há autores que consideram as células vizinhas somente as células horizontais e verticais, ou seja, vizinhança de 4. E isto pode ser notado na Figura 6 (b) em que há somente são contabilizados como vizinhas as células 2, 4, 6 e 8.

Figura 6 (a): A imagem mostra a célula com relação a vizinha de 8, em que as suas diagonais são levadas em consideração.



Fonte: (MITCHELL, 2009), adaptado pela autora

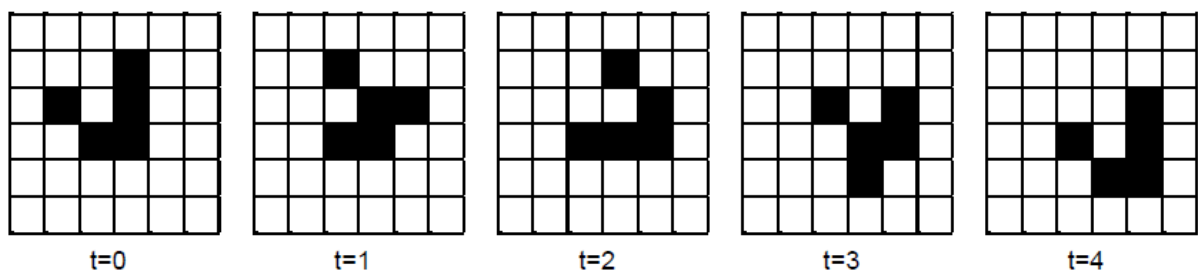
Figura 6 (b): A imagem mostra a célula com relação a vizinha de 4, em que as suas diagonais não são levadas em consideração.



Fonte: (MITCHELL, 2009), adaptado pela autora.

Ao serem aplicadas as regras do Jogo da vida (Figura 5) do matemático John Conway, juntamente com a configuração de vizinhança de 8 (padrão normalmente utilizado) é possível compreender as mudanças que ocorrem com os autômatos ao longo do tempo na Figura 7, assim, ver entender como essas mudanças ocorrem.

Figura 7: Esta imagem mostra 4 evoluções no Jogo da Vida.



Fonte: (XAVIER, 2003)

Os autômatos mencionados são classificados em propósito específico e geral. Os autômatos específicos servem apenas para um propósito, visavam estudar ou resolver

problemas de uma determinada área, como por exemplo, calcular a melhor saída de um prédio que estivesse em chamas de acordo com o número de pessoas e o tempo que levaria para o fogo se alastrar. Ou calcular o avanço de um vírus no organismo. Ou calcular o tempo de disseminação de um vírus em uma população. Ou para saber como uma população irá ocupar uma localidade em uma região. Esse tipo de projeto costuma ter regras já definidas ou poucas alterações nas regras do simulador (OLIVEIRA, 2020), (WOLFRAM, 1983), (CAMPOS, 2019).

Esses estudos de ACs têm ganhado mais adeptos atualmente e tem promovido interdisciplinaridade entre as áreas de desenvolvimento de tecnologia, ciências da natureza e exatas. Hoje encontram-se facilmente mais de centenas simuladores e de trabalhos sobre de ACs na Internet. Principalmente após o surto do Covid-19. Os estudos sobre como ocorre a disseminação do vírus, contribuiu amplamente para a intensificação de pesquisas nesta área (DAI, 2021), (MEDREK, 2021), (OLIVEIRA, 2020), (CABRERA-BECERRIL, 2021), (ORTIGOZA, 2020).

Para resolver alguns dos problemas mencionados, alguns cientistas da computação fazem uso de algoritmos de programação de Inteligência Artificial (IA), como Rede Neural ou Algoritmo Genético, no entanto o uso de simuladores ACs tem se mostrado uma maneira alternativa a técnicas pragmáticas. O método apesar de novo tem-se mostrado bastante promissor e assertivo.

Por isso, os autores como Ortigoza (2020), Oliveira (2020) e Dai (2021) ao realizarem seus estudos sobre a disseminação do vírus da Covid 19, optaram pelo uso dos ACs. Seguindo esta mesma linha, pretende-se fazer uso de um simulador de ACs em conjunto com os alunos do curso Técnico em Informática do Instituto Federal de Alagoas (IFAL). Será um simulador de característica específica geral para auxiliar os estudantes de ensino médio, no aprendizado de estatística. E assim, espera-se conseguir que os mesmos, consigam ter maior entendimento desta área de Matemática tão importante do conhecimento (PONTES, 2019), (SERRA, 2015).

Questões de análise de dados estatísticos muitas vezes aparecem no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), como taxas de avanço de espécies em extinção ou em cálculos que envolvem regressão de substâncias químicas na disciplina de Ciências da Natureza, por exemplo. Essa interdisciplinaridade do ENEM faz com que a estatística e a

informática estejam presentes em diversas questões, até mesmo nas que não há a presença de cálculos matemáticos (DE ASSIS, 2020).

Em vista do que foi apresentado, é possível perceber que essas mudanças nas tecnologias vêm proporcionando diversas maneiras de aprendizagem e utilização da matemática e ciência. Por isso, este projeto pretende mostrar como o uso de um simulador de AC em sala será usado, avaliado e testado pelos discentes descritos anteriormente, e pode proporcionar a inclusão dessa tecnologia no Ensino de matemática e programação.

Mesmo com o crescimento que os estudos de ACs têm ganhado nos últimos anos, ainda assim é uma área que possui várias vertentes ainda pouco exploradas. Isso ocorre tanto nos estudos de simuladores para fins específicos (simuladores de evolução de doenças infecciosas, por exemplo), como em simuladores de caráter geral (simuladores que podem ser programados e reprogramados para determinados fins).

As conexões que os ACs possuem por causa das regras que podem ser impostas, podem criar simulações úteis em inúmeras áreas de pesquisa como: propagação de fogo, evacuação de prédios, reações químicas, simulação de tráfego urbano, padrões de crime e evolução de epidemias, simular deslizamentos de terra. Por essas razões, diversas áreas de estudo utilizam simuladores de ACs específicos para apoiar seus estudos (TAVARES, 2010), (CARNEIRO, 2012), (CASTRO, 2015).

O uso de um simulador de ACs específico que poderá ser utilizado para identificar a evolução da diarreia em crianças. O uso deste simulador pretende prever o tempo de duração da doença levando em conta as complicações que a doença pode apresentar, os tipos de diarreias (aguda, crônica, paradoxal dos viajantes) e suas causas (infecção por vírus, bactéria, parasita ou intoxicação alimentar). Como os ACs conseguem simular conexões entre si, seu uso tornou-se relevante em inúmeras áreas de pesquisa. Por essas razões, diversas áreas de estudo utilizam simuladores de AC específicos para apoiar seus estudos (TAVARES, 2010) (OLIVEIRA 2017), (OLIVEIRA, 2019), (CARNEIRO, 2012).

### **3 METODOLOGIA**

A aplicação do projeto foi desenvolvida na área de educação com discentes da rede pública, pois como mencionado no referencial teórico eles possuem um ensino

descontextualizado de sua realidade e isso dificulta sua aprendizagem. Nesse contexto, o uso de ACs, possibilitam o acesso a resolução de problemas do mundo real, o que torna o ensino mais concreto.

Ademais, estes necessitam de maior contato com o uso de exercícios que envolvem problemas com matemática estatística, uma vez que tais questões ocorrem com frequência na prova do ENEM a qual costuma cobrar grandes quantidades de questões envolvendo interdisciplinaridade de Matemática e Estatística com demais disciplinas (DE ASSIS, 2020).

Por isso, ao analisar a Matriz de Referência do ENEM, é possível encontrar os eixos cognitivos que estão presentes em todas as áreas do conhecimento, que são: dominar linguagens, compreender fenômenos, enfrentar situações-problema, construir argumentação e elaborar propostas. Além de no eixo matemático, ser possível ter acesso às competências exigidas da área 7 que diz respeito a cálculos estatísticos e de probabilidade:

H27 - Calcular medidas de tendência central ou de dispersão de um conjunto de dados expressos em uma tabela de frequências de dados agrupados (não em classes) ou em gráficos.

H28 - Resolver situação-problema que envolva conhecimentos de estatística e probabilidade.

H29 - Utilizar conhecimentos de estatística e probabilidade como recurso para a construção de argumentação.

H30 - Avaliar propostas de intervenção na realidade utilizando conhecimentos de estatística e probabilidade (BRASIL, 2009, p.7).

Assim, é possível entender por que existe essa necessidade de aprendizagem de estatística e probabilidade no currículo do ensino médio.

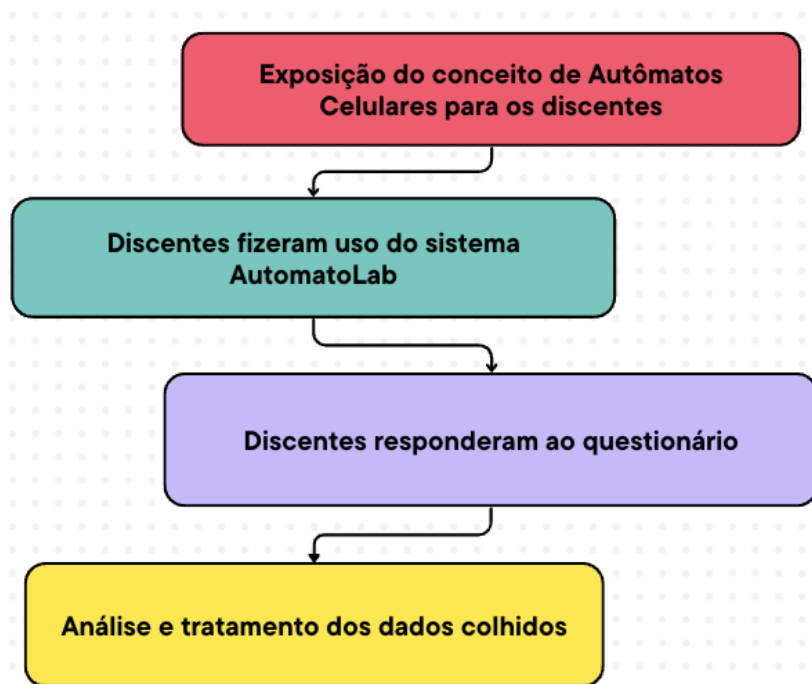
Durante a pesquisa para este projeto, não foram encontradas publicações de projetos que fossem direcionados aos alunos do ensino médio, por isso, o público-alvo do programa que foi desenvolvido são os alunos do ensino médio técnico.

### 3.2 SISTEMA DO AC

Foi realizada uma intervenção com 30 discentes do curso Técnico em Informática do Instituto Federal de Alagoas (IFAL). Os discentes pertencem a turma 921, a qual refere-se a turma de turno matutino de informática e é composta por discentes xx do sexo masculinos e xx

do sexo feminino. A Figura 8 mostra um fluxograma que representa a ordem de acontecimento das etapas do projeto.

Figura 8: Fluxograma da metodologia empregada no projeto.



Fonte: (Autora, 2023).

Desse modo, a intervenção consistiu em uma palestra expositiva explicando o conceito de AC com o uso de *datashow* para projetar os *slides* que duraram 50 minutos. Após os discentes confirmarem estarem cientes do conteúdo apresentado. Foi colocado em prática o segundo passo, o uso do simulador de ACs.

O simulador escolhido para ser utilizado neste trabalho foi o AutomatoLab<sup>5</sup>, o qual é um programa *open source*<sup>6</sup>, ou seja, qualquer pessoa pode utilizar para qualquer fim sem precisar pagar por uma licença, além disso, é possível adicionar modificações ao código-fonte caso o usuário queira adicionar alguma funcionalidade ou modificar algo do programa sem precisar pedir permissão ao autor. Outro ponto que foi fundamental para a escolha do

<sup>5</sup> Disponível em <https://github.com/vinibiavatti1/AutomatoLab>

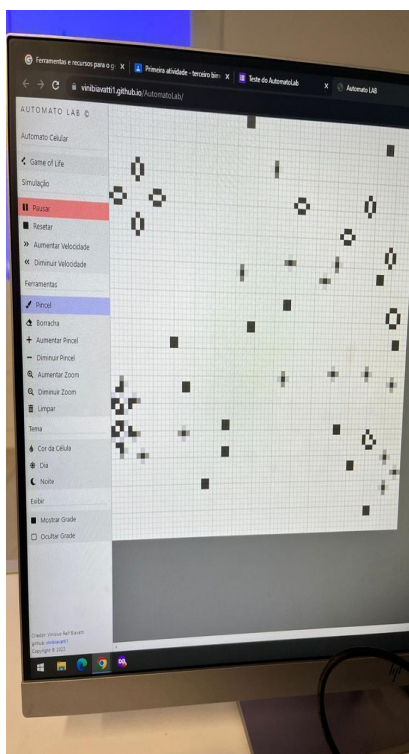
<sup>6</sup> Software gratuito para consulta, distribuição, modificação, utilização do código-fonte e utilização do programa por todos.

AutomatoLab é porque ele está em português brasileiro e por ser uma aplicação web, assim não precisa de instalação, funciona independente do Sistema Operacional (SO) do computador. (TANENBAUM, 2016).

Assim, o AutomatoLab é um software que implementa vários tipos de ACs, entre eles tem o Jogo da Vida, que é um tipo especial, o qual foi desenvolvido por John Conway um ambiente 2D e a partir deste aplicativo é possível aplicá-lo em diversos estudos teóricos para automatizar e prever determinados comportamentos. Este Jogo da Vida é um modelo teórico bastante relevante na área, pois serviu de base para outros modelos que surgiram ao longo do tempo (BIAVATTI, 2020), (BERTA, 2019).

Por essa razão o AutomatoLab foi utilizado, pois nele há a implementação do Jogo da Vida por padrão, no entanto, há a possibilidade de o usuário escolher outras configurações. No Laboratório de Informática do IFAL, os discentes do 2º ano médio do curso técnico utilizaram o sistema para entender na prática como funciona um simulador de AC. Na Figura 9 é possível ver uma imagem do sistema AutomatoLab sendo utilizado no laboratório do IFAL por um discente.

Figura 9: Esta imagem mostra o uso da aplicação AutomatoLab por um discente.



Fonte: (Autora, 2023).

Os alunos fizeram uso do AutomatoLab por 20 minutos e após este tempo foi perguntado aos discentes se eles quisessem responder às perguntas no que estavam no GoogleForms<sup>7</sup>. Os que aceitaram ficaram por mais 16 minutos no laboratório terminando de responder as perguntas.

Por último, a análise dos dados será comentada no capítulo de Resultados.

### 3.3 NATUREZA DA PESQUISA

Durante a intervenção foi explicado para os discentes o funcionamento do simulador. Também foi realizada uma pesquisa de abordagem uma pesquisa qualitativa e quantitativa. Segundo Gil (2017), quantitativa porque consiste em um questionário semiestruturado para avaliação (o qual foi aplicado através do GoogleForms e possui informações que foram extraídas que são representadas em números) e qualitativa leva em consideração questões do ponto de vista dos entrevistados.

A classificação da pesquisa deste estudo segundo seus objetivos de acordo com Gil (2017) quanto a sua finalidade é pesquisa descritiva. Porque busca descrever a realidade a partir de informações captadas de maneira detalhada e aprofundada.

Assim, para as questões objetivas, foram usadas a escala de Likert que vai de 1 (discordo totalmente) até o 5 (concordo totalmente) (CUNHA, 2007). Assim, na Figura 10 é possível ver com detalhes os níveis de Escala de Likert que foi apresentado aos discentes para o preenchimento das respostas e na sequência tem-se questões abordadas sobre a temática apresentada.

Figura 10: Escala de Likert.

<i>Concordo totalmente</i> .....	<b>5</b>
<i>Concordo</i> .....	<b>4</b>
<i>Nem concordo nem discordo</i> .....	<b>3</b>
<i>Discordo</i> .....	<b>2</b>
<i>Discordo totalmente</i> .....	<b>1</b>

Fonte: (CUNHA, 2007).

---

<sup>7</sup> Link para acessar as respostas das perguntas no GoogleForms [respostas automatolab1 - Planilhas Google](#).

Com base no apresentado, é possível conferir com detalhes no Apêndice A todas as questões que foram inseridas no formulário a fim de avaliar a percepção que os discentes tiveram sobre o simulador.

Para isso, foi realizado o questionário que incluía questões com perguntas de Testes de Usabilidade, o qual tem o objetivo basilar em identificar se o projeto contribui para o usuário conseguir achar as informações que ele busca e assim completar sua função desejada, ademais, foram feitas questões referentes à utilização da GUI (Interface Gráfica do Usuário) a fim de identificar se a interface tem boa visibilidade e é de fácil utilização, se os usuários conseguem facilmente encontrar os botões e comandos, entre outros aspectos neste âmbito.

Assim, para conseguir medir a usabilidade somativa<sup>8</sup>, esta avaliação consiste em medir a Eficácia (taxa de erros para o sistema concluir uma tarefa), a Eficiência (tempo para o sistema concluir uma tarefa) entre outros aspectos que podem ser observados no Apêndice A (NOGUEIRA, 2011).

Em relação à completude da tarefa pelos usuários, eles foram questionados se conseguiram concluir uma tarefa específica e o tempo que levaram para finalizar no Apêndice A, questão 4 da primeira sessão. Também foram levantadas questões em relação a erros e mensagens de erros, desempenho e funcionalidades do sistema.

## **5 RESULTADOS**

Esta etapa foi desenvolvida durante uma aula de 50 minutos do turno matutino, uma vez que esta turma faz parte do ensino integral (manhã e tarde). A aula foi cedida pela professora Cledja Karina, professora de Informática do IFAL. Ela cedeu uma aula para a execução do projeto de intervenção. Foi informado aos alunos que eles seriam voluntários a participarem do projeto e que aqueles que não quisessem participar estariam liberados. Todos concordaram em ficar. Neste dia, houve a frequência de 30 discentes, eles participaram com entusiasmo da pesquisa.

A primeira questão abordada foi “O que você menos gostou do sistema?”. Por ser uma pergunta que permitia a livre escrita, ela deixou margem para diversas respostas. Entre

---

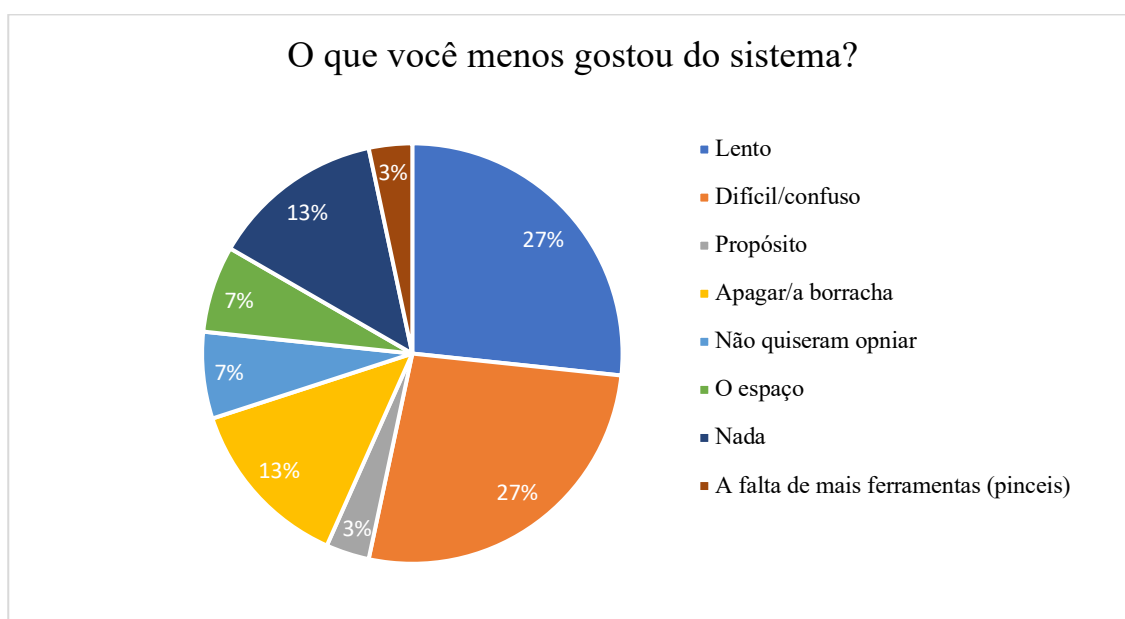
<sup>8</sup> Medir a usabilidade de um sistema ou de uma parte do sistema.

elas tivemos reclamações em relação às “grades” que fazem parte da tela e estes discentes achavam ser poucas, outros responderam que para apagar precisava clicar de célula em célula e isso era trabalhoso (porque clicar e arrastar seria mais rápido). Os mais mencionados foram interface confusa/difícil e lentidão, essa situação pode ser vista na Figura 11, dos 30 entrevistados, 5 afirmaram não existir nada que não gostaram pois, só viram pontos positivos e 2 não quiseram opinar.

Essas respostas foram bastante interessantes, pois é um programa que eles nunca tiveram contato e é comum que eles achem difícil no início pois, existe uma curva de aprendizagem para se utilizar um sistema, no entanto, a premissa do sistema é criar células marcando-as e apertar um botão, o que a priori não deveria ser tão complexo para a maioria e a amostra são alunos que possuem conhecimentos prévios em informática. O assunto é complexo, mas o sistema deveria simplificar seu uso ao máximo (DE ONZONO, 2011).

Na sequência os discentes foram questionados se o sistema conseguia produzir algum efeito positivo no tocante ao assunto abordado, mais uma vez, a resposta foi deixada aberta para que além do sim/não eles pudessem expressar outros pensamentos acerca do que lhes foi perguntado.

Figura 11: Gráfico com a primeira pergunta da primeira seção: “O que você mais gostou do sistema?”.

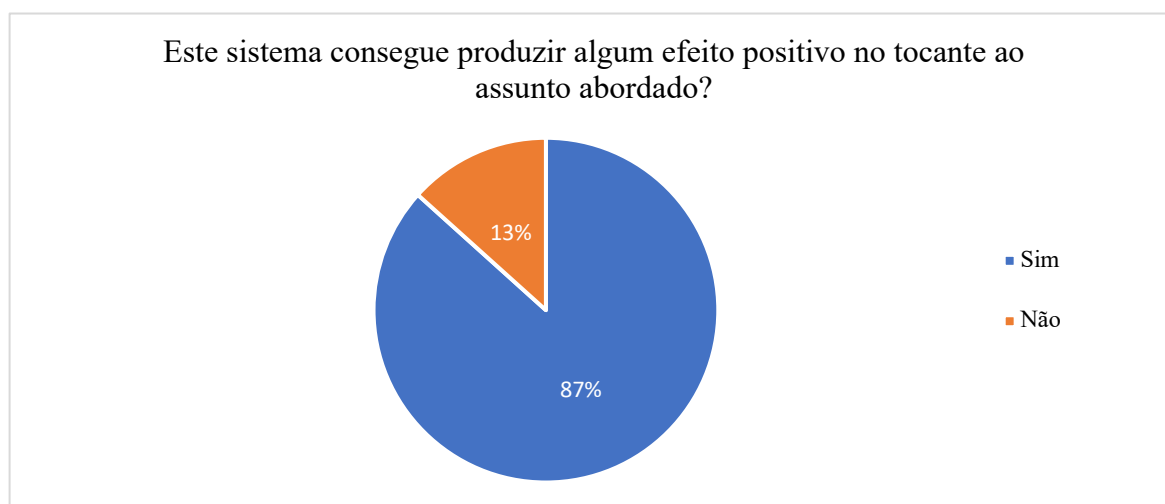


Fonte: (Autora, 2023).

Na Figura 12 é possível conferir o gráfico com as respostas dos discentes. Todos responderam “sim” ou “não” e alguns complementaram suas respostas com justificativas. Um dos discentes que respondeu “não”, disse que ele para ele seria “não”, mas que para alguém poderia ajudar. E outro discente que respondeu “sim” informou que este sistema deve ser bastante útil para alunos da área de saúde. Um dos discentes escreveu o seguinte: “Acredito que o sistema seja muito mais interessante que o método convencional (desenhar no quadro, ler livros e etc)”.

Outro escreveu: “Por ser um sistema "simples" e fácil de mexer, acredito eu que sim!. É divertido de mexer, então para quem gosta dos assuntos abordados, a experiência se torna mais divertida”. Houve 87% dos resultados positivos, com muitos comentários favoráveis a respeito de seu uso em sala. Vários outros afirmaram que o sistema cumpre o que promete, ou seja, ele possui uma grade em que é possível “desenhar” células e seus vizinhos e através das regras do Jogo da Vida, é possível ver o desenvolvimento ao longo dos tempos no AutomatoLab.

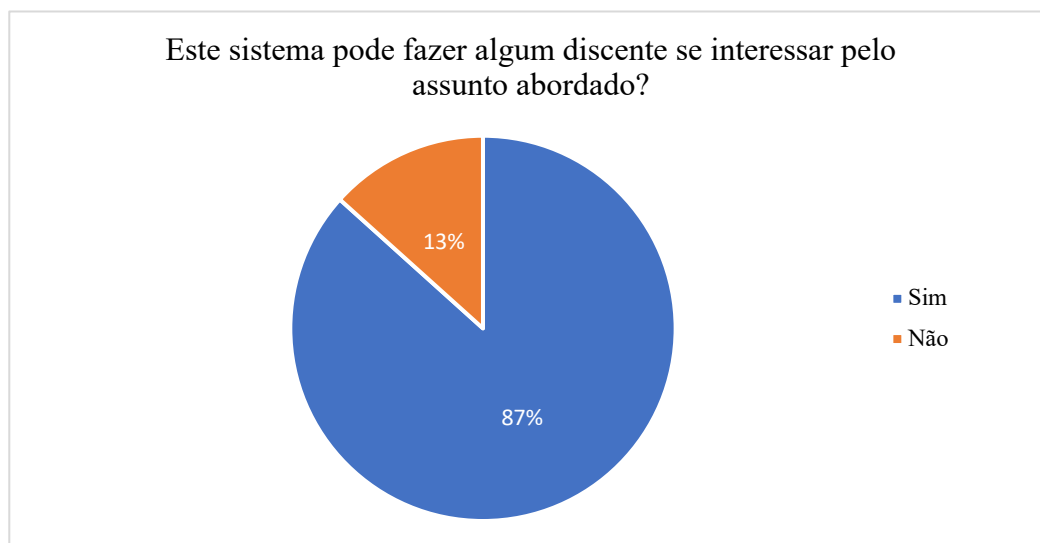
Figura 12: Gráfico com a segunda pergunta da primeira seção: “Este sistema consegue produzir algum efeito positivo no tocante ao assunto abordado?”.



Fonte: (Autora, 2023).

A questão seguinte foi, “Este sistema pode fazer algum discente se interessar pelo assunto abordado?”, embora o gráfico da Figura 13 permaneça igual ao gráfico da Figura 12, 13,3% dos discentes mudaram suas respostas em relação à pergunta anterior. Uma quantidade muito pequena acredita que mesmo o sistema produzindo efeito positivo não é capaz de fazer alguém se interessar pelo seu uso.

Figura 13: Gráfico com a terceira pergunta da primeira seção: “Este sistema pode fazer algum discente se interessar pelo assunto abordado?”.



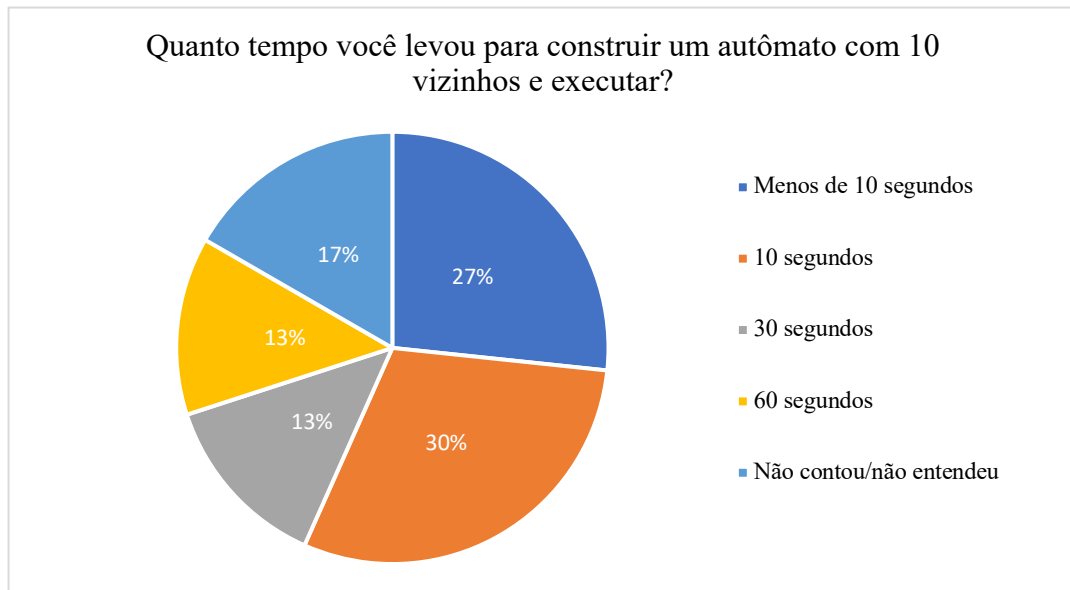
Fonte: (Autora, 2023).

Na questão seguinte “Quanto tempo você levou para construir um autômato com 10 vizinhos e executar?”, também foi uma pergunta com resposta subjetiva e 57% dos alunos levaram 10 segundos ou menos para concluir a tarefa. Isso mostra que apesar dos discentes acharem o sistema difícil e lento (Figura 11), na Figura 14, é possível ver que grande parte executou a tarefa solicitada com rapidez. E apenas 17% não contou o tempo ou não entendeu a tarefa solicitada.

Por isso, a fim de entender o que poderia ser incluído ou que está em excesso no sistema, foi feito o seguinte questionamento: “O que você mudaria no sistema? Acrescentaria ou retiraria?”. Na Figura 15 é possível notar que a maioria (40%) dos discentes acham que precisa haver mudanças na GUI.

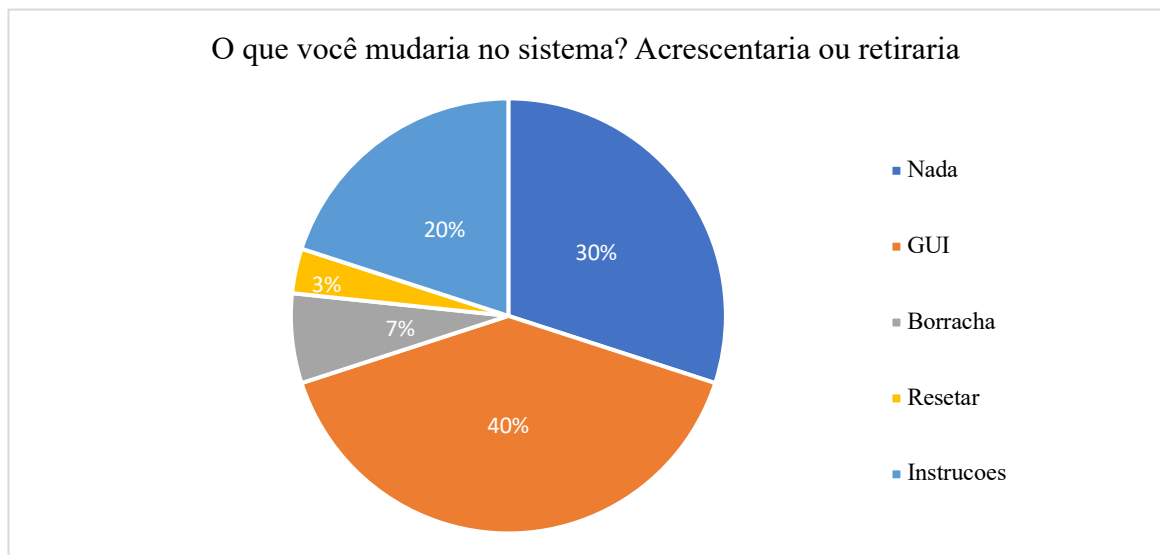
Ao ser analisada as respostas, pode-se ver que alguns discentes relataram terem encontrados problemas em relação a posições dos objetos na tela e das cores serem confusas, também informaram que a interface parecia ser antiga ou que o design não parecia ser muito interativo. Além disso, 30% mencionaram que não precisa alterar nada, 20% apontaram a falta de instruções e de uma área de ajuda para auxiliar o usuário. Esta foi a última questão desta seção inicial. A seção seguinte trata da usabilidade do sistema, esta busca entender a facilidade de uso do sistema.

Figura 14: Gráfico com a quarta pergunta da primeira seção: “Quanto tempo você levou para construir um autômato com 10 vizinhos e colocar para executar?”



Fonte: (Autora, 2023).

Figura 15: Gráfico com a quinta pergunta da primeira seção: “O que você mudaria no sistema? Acrescentaria ou retiraria.”

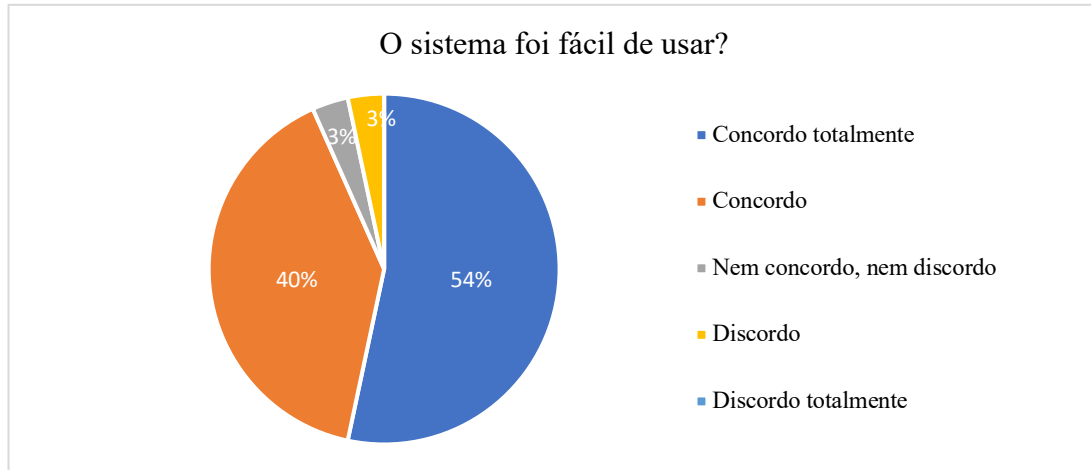


Fonte: (Autora, 2023).

A primeira pergunta da segunda sessão foi sobre a facilidade de uso do sistema, e na Figura 16 pode-se ver que 94% concordam que o sistema é de fácil uso, no entanto, esta questão torna-se controversa, pois ao observar a Figura 11 novamente tem-se que 27% dos

discentes responderam que o sistema era difícil e agora nesta questão, 94% responderam que o sistema é de fácil uso.

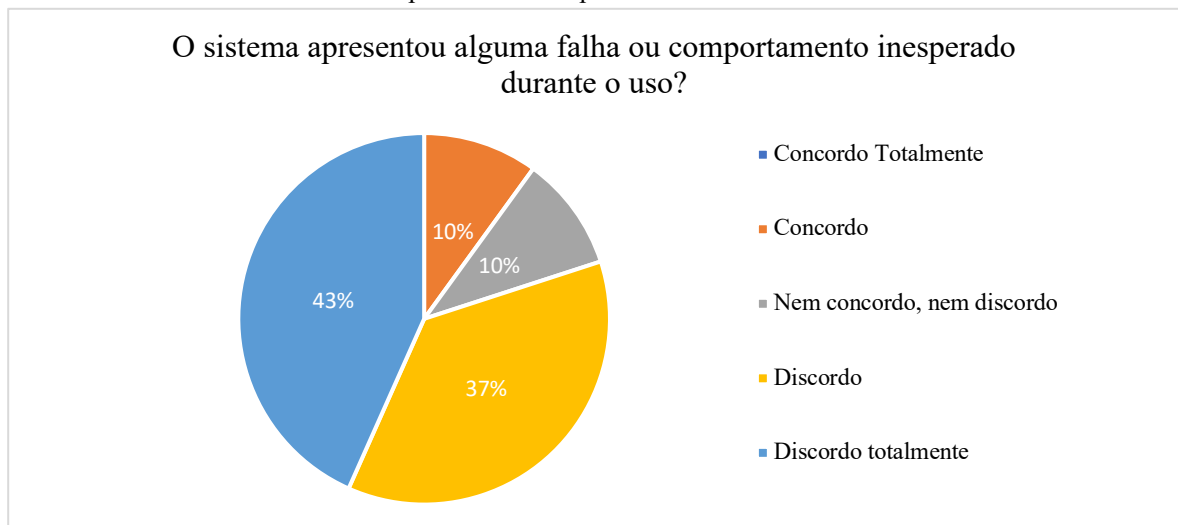
Figura 16: Gráfico com a primeira pergunta da segunda seção: “O sistema foi fácil de usar?”



Fonte: (Autora, 2023).

Já no quesito comportamento inesperado, é possível notar na Figura 17 que mais da metade dos discentes informaram que o sistema apresentou algum comportamento inesperado/não usual. Nas respostas abertas foi mencionado que isso não foi devido a erros na execução do autômato ou a representação do AC, mas sim devido a problemas com a borracha. Houve bastantes relatos de não conseguirem apagar com facilidade algumas células. E por isso, muitos relatos de problemas com a borracha tanto nas perguntas anteriores como nesta.

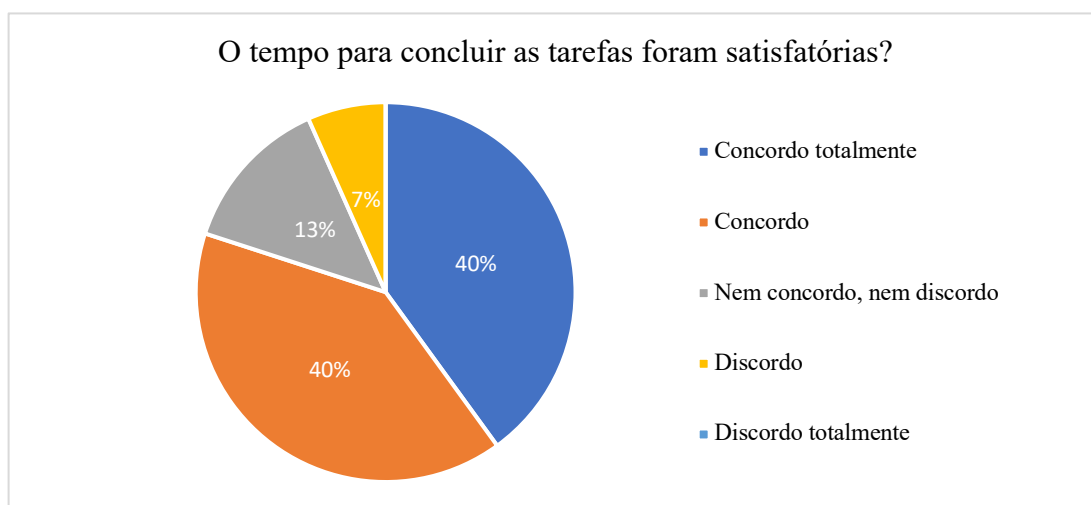
Figura 17: Gráfico com a segunda pergunta da segunda seção: “O sistema apresentou alguma falha ou comportamento inesperado durante o uso?”



Fonte: (Autora, 2023).

Na questão seguinte os discentes foram questionados sobre sua satisfação com o tempo de execução das tarefas e na Figura 18 é possível reparar que 80% concordam ou concordam totalmente em estar satisfeito com o tempo de execução do sistema. Isso ocorre porque mesmo se tratando de um sistema web, sua execução ocorre no *front-end*, ou seja, no computador do usuário e não no servidor onde está localizado o sistema (WILLIAMS, 2019).

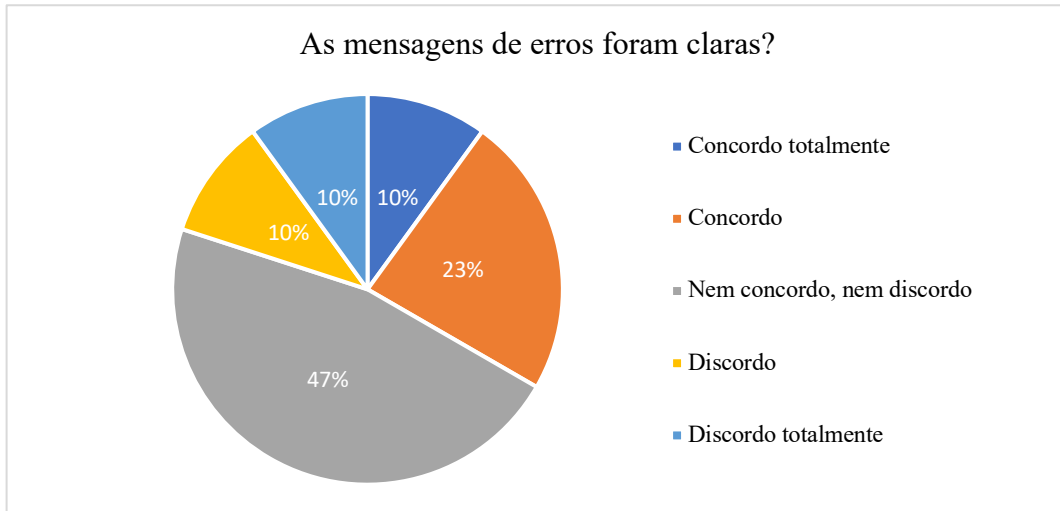
Figura 18: Gráfico com a terceira pergunta da segunda seção: “O tempo para concluir as tarefas foram satisfatórias?”



Fonte: (Autora, 2023).

Em relação às mensagens de erros, a Figura 19 mostra as respostas dos discentes em relação ao questionamento. E pode-se constatar que quase metade marcou a opção “Nem concordo, nem discordo”, isso ocorreu pelo motivo de não serem lançados tratamentos de erros, pois não ocorreram erros durante a execução. E 33% concordaram com mensagens claras de erros. Temos então uma minoria que apontaram complicações com as mensagens de erros. O que não deixa de ser um problema que precisa ser revisto em uma atualização futura pelos desenvolvedores.

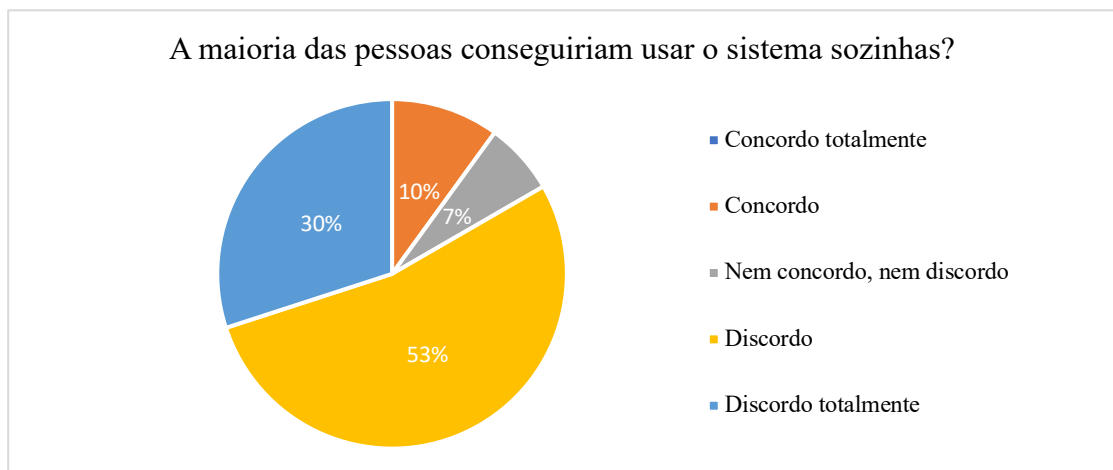
Figura 19: Gráfico com a quarta pergunta da segunda sessão: “As mensagens de erros foram claras?”



Fonte: (Autora, 2023).

A última questão desta seção do questionário trata da GUI e a primeira questão tem a finalidade de entender se os usuários conseguiram utilizar o sistema sozinhos sem ajuda técnica ou necessidade de prévio conhecimento. A Figura 20 mostra o resultado e como é possível observar que a maioria discorda. O que corrobora com as respostas apresentadas na primeira questão da primeira seção em que as perguntas abertas a maioria dos discentes afirmaram que o sistema era difícil de utilizar e possuía interface confusa. Isso mostra que apesar do sistema ser direcionado a um público-alvo específico, ele talvez precise ser visualmente mais objetivo ou possa ser questão da curva de aprendizagem como já mencionado.

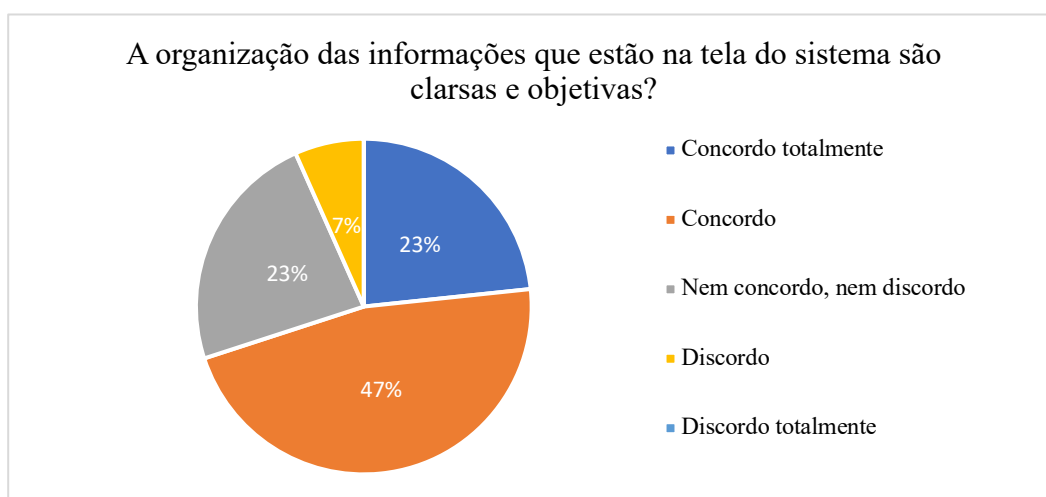
Figura 20: Gráfico com a primeira pergunta da terceira sessão: “A maioria das pessoas conseguiriam usar o sistema sozinhas?”



Fonte: (Autora, 2023).

Por fim, a última questão foi sobre a organização das informações na tela e é possível conferir na Figura 21 que grande parte dos discentes afirmam que as informações que constam na tela são claras e objetivas. Isso mostra que apesar das dificuldades encontradas por ser o primeiro uso deles, a GUI pareceu ser agradável inicialmente.

Figura 21: Gráfico com a segunda pergunta da terceira seção: “A organização das informações que estão na tela do sistema é clara e objetiva?”



Fonte: (Autora, 2023).

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho identificou o problema dos baixos índices em matemática dos alunos brasileiros e mostrou que este é um problema real enfrentado todos os anos.

Com o propósito de mitigar este problema, foi proposto o uso de tecnologias no processo de ensino-aprendizagem para que seja provocada uma interdisciplinaridade durante as aulas e estudos dos discentes e os ajudem entender melhor assuntos abordados, com destaque para aqueles com ligação à probabilidade e estatística.

Para isso, foi realizada uma intervenção com os alunos do curso técnico do IFAL Campus Arapiraca, a fim de mostrar na prática o uso de um programa de AC que auxilia no ensino de Matemática/Estatística e assim, promover a utilização de tecnologias de análise de dados e estatísticas.

## 7 REFERÊNCIAS

- BERLEKAMP, Elwyn R.; CONWAY, John H.; GUY, Richard K. *Winning Ways for Your Mathematical Plays, Volume 3*. CRC Press, 2018.
- BERTA, Juli Arusiewicz; BERTA, Gabriel Arusiewicz; DA SILVA, Otonio Dutra. Análise do modelo "O jogo da vida". In: **IX Mostra Científica**. 2019.
- BIAVATTI, Vinicius. AutomatoLab. Github, 2020. Disponível em: <<https://github.com/vinibiavatti1/AutomatoLab>>. Acesso em: 30 jun. 2023.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA O ENEM**. Disponível em: <[https://download.inep.gov.br/download/enem/matriz\\_referencia.pdf](https://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf)>. Acesso em 20 de abril de 2023.
- CABRERA-BECERRIL, Augusto; PERALTA, Raul; MIRAMONTES, Pedro. Direct Simulation of the CoVid-19 epidemic. medRxiv, 2021.
- CAMPOS, P.; DE QUEIROZ, Alfredo Pereira; DE ALMEIDA, Cláudia Maria. Autômato Celular Aplicado Na Análise Da Dinâmica Do Uso E Ocupação No Entorno Do Centro Educacional Unificado Campo Limpo, São Paulo-Brasil. *Anais Do Xix Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto*, 2019.
- CARNEIRO, Lílian de Oliveira. Simulação de Evacuação de Multidão por Autômato Celular- Estudo de Caso em um Estádio de Futebol. 2012. 90 f. 2012. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- CASTRO, Marcia Luciana Aguená; DE OLIVEIRA CASTRO, Reinaldo. Autômatos celulares: implementações de von Neumann, Conway e Wolfram. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, v. 3, n. 3, p. 89-106, 2015.
- CIOLPAN, Gheorghe. *Autômatos Celulares*. 2022.
- CUNHA, Luísa Margarida Antunes da et al. Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na medição de atitudes. 2007. Tese de Doutorado.
- DAI, Jindong et al. Modeling the Spread of Epidemics Based on Cellular Automata. *Processes*, v. 9, n. 1, p. 55, 2021.
- DALCIN-UNISINOS, Guilherme Kruger; DE SOUZA SILVA-UNISINOS, André. Simulando Cenários Urbanos Futuros: modelagem de dinâmicas do uso do solo como suporte ao planejamento urbano. In: **XVIII ENANPUR 2019**. 2019.
- DE ASSIS, Me Marcos Antônio Petrucci. Defesa de trabalho de conclusão de curso licenciatura em matemática título: "uma análise da contextualização e interdisciplinaridade nas questões de probabilidade e estatística do exame nacional do ensino médio (enem). 2020. Tese de Doutorado.
- DE ONZONO, Santiago Iniguez. **The learning curve: How business schools are re-inventing education**. Springer, 2011.

- GIL, Antonio Carlos et al. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- MASOLA, Wilson; ALLEVATO, Norma. Dificuldades de aprendizagem matemática: algumas reflexões. *Educação Matemática Debate*, v. 3, n. 7, p. 52-67, 2019.
- MEDREK, M.; PASTUSZAK, Z. Numerical simulation of the novel coronavirus spreading. *Expert Systems with Applications*, v. 166, p. 114109, 2021.
- MITCHELL, M. *Complexity : A Guided Tour*. Oxford [England]: Oxford University Press, 2009.
- OLIVEIRA, Maria Josenice Carvalho et al. Contextualização da diarreia infantil no Brasil: revisão de literatura. *Revista Ciência & Saberes-Facema*, v. 3, n. 2, p. 506-512, 2017.
- OLIVEIRA, Angélica Gomes et al. Aplicação de Autômatos Celulares com passeio aleatório em um estudo sobre o efeito de medidas protetivas na disseminação de doenças. 2020.
- ORTIGOZA, Gerardo; LORANDI, Alberto; NERI, Iris. Simulación Numérica y Modelación Matemática de la propagación del Covid 19 en el estado de Veracruz. *Revista Mexicana de Medicina Forense y Ciencias de la Salud*, v. 5, n. 3, p. 21-37, 2020.
- PINHEIRO, Jefferson Magalhaes. A procedural model for snake skin texture generation. 2017.
- PISA22. PISA 2022 QUADRO CONCEPTUAL DE MATEMÁTICA. Disponível em: <<https://pisa2022-maths.oecd.org/pt/index.html#Content-Knowledge>>. Acesso em 01 de maio de 2023.
- RelatórioPISA2018. Relatório Brasil no Pisa 2018 (relatório nacional). Disponível em: <[https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/pisa/resultados#:~:text=Relat%C3%B3rio%20Brasil%20no%20Pisa%202018%20\(relat%C3%B3rio%20nacional\)%C2%A0](https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/pisa/resultados#:~:text=Relat%C3%B3rio%20Brasil%20no%20Pisa%202018%20(relat%C3%B3rio%20nacional)%C2%A0)>. Acesso em 01 de maio de 2023.
- TAVARES, L. D, Um simulador de tráfego urbano baseado em autômatos celulares. Dissertação de mestrado, UFMG, 2010.
- SANTOS, C. T. ; ANJOS, M. A. ; COLLE, V. . O Uso da matemática como código que estrutura o pensamento em química: Dificuldade enfrentada por alunos do ensino médio. In: V Congresso Nacional de Educação - CONEDU, 2018. V Congresso Nacional de Educação - CONEDU, 2018.
- SEDA, Daniel. Matéria programável e arte. VII Simpósio Internacional de Innovacion en Medios Interactivos. 2020.
- SERRA, Diego da Silva. A contribuição da prova de matemática do ENEM para o ensino de probabilidade e estatística. 2015.
- NOGUEIRA, ALEX MAGNAGO. Dissertação de Mestrado: AVALIAÇÃO SOMATIVA DE USABILIDADE UTILIZANDO SISTEMAS DE INFERÊNCIA FUZZY. 2011.
- VON NEUMANN, John et al. Theory of self-reproducing automata. *IEEE Transactions on Neural Networks*, v. 5, n. 1, p. 3-14, 1966.

WOLFRAM, Stephen. Statistical mechanics of cellular automata. *Reviews of modern physics*, v. 55, n. 3, p. 601, 1983.

TANENBAUM, Andrew S. *Sistemas operacionais modernos*. 4. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

XAVIER, A. **Explorando Sistemas Complexos no Ensino Fundamental**. 2003. 162 Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, UFMG, Belo Horizonte.

WILLIAMS, Terry et al. The front-end of projects: a systematic literature review and structuring. **Production Planning & Control**, v. 30, n. 14, p. 1137-1169, 2019.

## 8 APÊNDICE A – INSTRUMENTO PARA COLETA DE INFORMAÇÕES DO USUÁRIO

Para cada uma das afirmações abaixo, marque a avaliação de sua escolha.

### Questões básicas

- 1) O que você menos gostou do sistema?
- 2) Este sistema consegue produzir algum efeito positivo no tocante ao assunto abordado?
- 3) Este sistema pode fazer a discentes se interessarem a estudarem pelo assunto abordado?
- 4) Quanto tempo você levou para construir um autômato com 10 vizinhos e colocar para executar?
- 5) O que você mudaria no sistema? Acrescentaria ou retiraria.

### Teste de Usabilidade

- 1) O sistema foi fácil de usar?
- 2) O software apresentou alguma falha ou comportamento inesperado durante o uso?
- 3) O tempo para concluir as tarefas foi satisfatório?
- 4) As mensagens de erros foram claras?
- 5) Houve erros durante a execução?

### Interface Gráfica do Usuário

- 1) A maioria das pessoas conseguiriam usar o sistema sozinhas?
- 2) A organização das informações que estão na tela do sistema é clara e objetiva?