**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL**
**CAMPUS DE ARAPIRACA**
**MATEMÁTICA - LICENCIATURA**

**ANTÔNIO DANTAS FILHO**

# CARACTERIZANDO A OCORRÊNCIA DAS APRENDIZAGENS MECÂNICA E SIGNIFICATIVA NO ESTUDO DE FUNÇÃO QUADRÁTICA E IMPLICAÇÕES

**ARAPIRACA**
**2024**

Antônio Dantas Filho

# Caracterizando a ocorrência das aprendizagens mecânica e significativa no estudo de função quadrática e implicações

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Matemática da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Campus de Arapiraca.

Orientador: Prof. Me. José Fábio Boia Porto

Arapiraca

2024

Universidade Federal de Alagoas – UFAL
*Campus* Arapiraca
Biblioteca Setorial *Campus* Arapiraca - BSCA

D192c Dantas Filho, Antônio
Caracterizando a ocorrência das aprendizagens mecânica e significativa no estudo de função quadrática e implicações [recurso eletrônico] / Antônio Dantas Filho. – Arapiraca, 2024.
54 f.: il.

Orientador: Prof. Me. José Fábio Boia Porto.
Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) - Universidade Federal de Alagoas, *Campus* Arapiraca, Arapiraca, 2024.
Disponível em: Universidade Digital (UD) / RD- BSCA– UFAL (*Campus* Arapiraca).
Referências: f. 45.
Apêndices: f. 46-54.

1. Aprendizagem significativa. 2. Aprendizagem mecânica. 3. Funções quadráticas. 4. Educação (Ensino médio). I. Porto, José Fábio Boia. II. Título.

CDU 51

Bibliotecário responsável: Nestor Antonio Alves Junior
CRB-4 / 1557

Antônio Dantas Filho

Caracterizando a ocorrência das aprendizagens mecânica e significativa no estudo de função quadrática e implicações

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Matemática da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Campus de Arapiraca.

Data de aprovação: 25/03/2024

**Banca Examinadora**

Documento assinado digitalmente
JOSE FABIO BOIA PORTO
Data: 11/09/2024 16:47:58-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Me. José Fábio Boia Porto
Universidade Federal de Alagoas
Campus de Arapiraca
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
EMERSON DE LIMA
Data: 20/09/2024 11:21:23-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Emerson de Lima
Universidade Federal de Alagoas
Campus de Arapiraca
(Examinador)

Documento assinado digitalmente
MORENO PEREIRA BONUTTI
Data: 13/09/2024 10:36:27-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Moreno Pereira Bonutti
Universidade Federal de Alagoas
Campus de Arapiraca
(Examinador)

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, por ter sido meu pastor, meu refúgio e fortaleza, socorro bem presente na hora da angustia, que foram muitas.

A minha mãe Julita, por ter cursado essa graduação comigo, acordando cedo junto comigo, dormindo tarde junto comigo, orando junto comigo e acredintando, muitas vezes, mais do que eu.

Ao meu irmão Fábio por ter acompanhado minha trajetória de perto, por me ter feito acreditar quando, em muitos momentos, eu já tinha forças, por ter me aconselhado com pasciência, mansidão e temperança e por ter orado sem cessar por mim.

Ao meu orientador Professor José Fábio Boia, pelo incentivo, paciência e dedicação a este trabalho.

A todos os meus professores, por se dedicarem tanto ao que fazem e por terem me permitido ser beneficiado por isso.

A todos vocês, o meu muito obrigado!

“Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator singular mais importante que influencia na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos”.

(David P. Ausubel, 1968)

**RESUMO**

Esta pesquisa tem por objetivo investigar o processo de aprendizagem dos alunos do primeiro ano do ensino médio no estudo de funções quadráticas, com o propósito de identificar a prevalência da aprendizagem significativa em comparação com a aprendizagem mecânica e implicações. O problema em questão estuda em que medida há a ocorrência de aprendizagem significativa em comparação com a mecânica no estudo do conceito de funções quadráticas por parte dos alunos do primeiro ano do ensino médio segundo os preceitos teóricos de David P. Ausubel. A metodologia de pesquisa está pautada nas pesquisas de finalidade básica estratégica, como o objetivo descritivo e exploratório, com a utilização do método hipotético-dedutivo, através de uma abordagem qualitativa, fazendo uso de procedimento bibliográfico, levantamento e estudo de casos, pois essa, devido à necessidade de se coletar os dados por meio da aplicação de teste e de uma entrevista, ambos de caráter qualitativo, mostrou-se mais adequada para obtenção de resultados que firmam o objetivo. Nessa busca, este trabalho foi escrito iniciando com uma sondagem na bibliografia do que tinha disponível sobre o tema passando por a produção da hipótese e sua testagem através do teste escrito e da entrevista e por fim, com a análise dos dados coletados, onde concluímos com o resultado de que a predominância do uso de métodos de aprendizagem mecânica impactam no baixo desempenho no desenvolvimento escolar do aluno e no desenvolvimento de habilidades com a resolução de problemas que envolvem funções quadráticas, o que dificulta sua iniciativa na tomada de decisões sobre o mundo que o rodeia.

**Palavras-chave**: aprendizagem significativa; aprendizagem mecânica; funções quadráticas; educação no ensino médio.

**ABSTRACT**

This research aims to investigate the learning process of first-year high school students in the study of quadratic functions, with the purpose of identifying the prevalence of meaningful learning compared to mechanical learning and its implications. The problem at hand examines to what extent there is the occurrence of meaningful learning compared to mechanical learning in the study of the concept of quadratic functions by first-year high school students according to the theoretical precepts of David P. Ausubel. The research methodology is based on strategic basic purpose research, such as descriptive and exploratory objectives, using the hypothetico-deductive method through a qualitative approach, employing bibliographic procedures, survey, and case studies. This approach, due to the need to collect data through the application of tests and interviews, both qualitative in nature, proved more suitable for achieving results that support the objective. In this quest, this work was written starting with a survey of the available literature on the topic, followed by the formulation and testing of the hypothesis through written tests and interviews, and finally, with the analysis of the collected data, where we concluded that the predominance of the use of mechanical learning methods impacts the low performance in the student's academic development and in the development of skills in solving problems involving quadratic functions, which hinders their initiative in making decisions about the world around them.

**Palavras-chave**: meaningful learning; mechanical learning; quadratic functions; high school education

## LISTA DE FIGURAS


Figura 1 – Sistema Cartesiano . . . . . 20
Figura 2 – Eixo coordenado $Ox$ . . . . . 20
Figura 3 – Curva (C) . . . . . 21
Figura 4 – Superfície Cônica. . . . . 22
Figura 5 – Plano seccionando o cone. . . . . 23
Figura 6 – Parábola. . . . . 23
Figura 7 – Concavidade da Parábola. . . . . 24
Figura 8 – Deslocamento horizontal. . . . . 24
Figura 9 – Deslocamento vertical. . . . . 25
Figura 10 – Gráfico contendo as respostas do teste por questão. . . . . 30
Figura 11 – Respostas da questão 1. . . . . 31
Figura 12 – Respostas da questão 2. . . . . 32
Figura 13 – Ocorrência 1. . . . . 32
Figura 14 – Respostas da questão 3A. . . . . 33
Figura 15 – Respostas da questão 3B. . . . . 34
Figura 16 – Ocorrência 2. . . . . 35
Figura 17 – Resposta do aluno a questão 3a. . . . . 35
Figura 18 – Resposta do aluno a questão 3b. . . . . 35
Figura 19 – Exemplo de Curva de Esquecimento. . . . . 36
Figura 20 – Conclusão da análise dos questionários. . . . . 37

SUMÁRIO


**1 INTRODUÇÃO . . . . . 9**
**2 APRENDIZAGENS DE AUSUBEL . . . . . 12**
2.1 Aprendizagem significativa . . . . . 12
2.2 Aprendizagem mecânica . . . . . 14
**3 O CONCEITO DE FUNÇÃO QUADRÁTICA E SEUS SIGNIFICADOS 17**
3.1 A construção do conceito de função . . . . . 17
3.2 Explorando o conceito de função quadrática . . . . . 21
**4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS . . . . . 26**
4.1 Delineamento da pesquisa . . . . . 26
4.2 A coleta de dados . . . . . 27
4.3 A análise dos dados . . . . . 29
**5 RESULTADOS E DISCUSSÕES . . . . . 30**
5.1 Análise do questionário . . . . . 30
5.2 Análise da entrevista . . . . . 38
5.3 Confronto entre o questionário e a entrevista . . . . . 41
**6 CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . . 43**
**REFERÊNCIAS . . . . . 45**
**APÊNDICE A – QUESTÕES PARA O TESTE DE APRENDIZAGEM . . . . . 46**
**APÊNDICE B – PERGUNTAS PARA A ENTREVISTA . . . . . 49**
**APÊNDICE C – TERMO DE COSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO . . . . 52**

# 1 INTRODUÇÃO

Estamos constantemente tomando decisões que se baseiam nos nossos desejos ou em nossos deveres, no entanto, Moreira e Masini (1982) observaram que somos impostos, em grande parte pelo medo de termos nossos próprios métodos rejeitados, ao hábito de imitar outras pessoas para a tomada de decisões, isso por acharmos que a maneira como a maioria das pessoas agem é a melhor forma de se agir e assim fazendo, nos tornamos indivíduos passivos.

A BNCC (Brasil, 2018) destaca que o indivíduo precisa reconhecer-se em seu contexto histórico e cultural, comunicar-se, ser criativo, analítico-crítico, participativo, aberto ao novo, colaborativo, resiliente, produtivo e responsável, isso significa que ele deve andar na contramão da passividade.

Rollo May (1973), por outro lado, nos mostra que o indivíduo sai da condição de ser passivo e toma partido em suas decisões com a aplicação e aprofundamento da consciência, atribuindo significados aos objetos que o rodeiam. Davide P. Ausubel estuda a formação desses significados na consciência e a estrutura formada por eles, a qual ele chama de Estrutura Cognitiva (EC).

Ausubel (1982) nos mostra que a EC do indivíduo estará bem aprofundada quando é elaborada através do método de aprendizagem que ele chama de aprendizagem significativa, a qual atribui ao indivíduo competências e habilidades para refletir sobre o mundo e tomar partido de suas decisões sobre ele. Com base no que foi dito, percebe-se a importância de ser ativo e consciente em nossas escolhas, buscando compreender o contexto e atribuir significado às decisões que tomamos, ou seja considerar cuidadosamente as implicações, razões e valores por trás de nossas decisões.

Nessa perspectiva, percebeu-se a necessidade de se fazer uma análise da ocorrência das aprendizagens significativa e mecânica no estudo do conceito de funções quadráticas no primeiro ano do ensino médio, tema que está entre os fundamentais para a formação das habilidades do aluno na grande área do conhecimento Matemática e suas Tecnologias. Habilidades que proporcionam a atuação ativa do aluno na tomada de decisões sobre o mundo que o rodeia.

Tomando partido disso, questiona-se: Em que nível há a ocorrência de aprendizagem significativa em comparação com a mecânica no estudo do conceito de funções quadráticas por parte dos alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola situada em uma cidade circuvizinha de Arapiraca - AL?

Algumas perguntas que derivam dessa são: Em que nível os alunos conseguem reconhecer

algébrica e geometricamente funções quadráticas? Em que nível os alunos conseguem reconhecer as relações entre a forma algébrica e a forma geométrica de uma função quadrática? Em que nível eles conseguem identificar a relação entre funções quadráticas nas suas diferentes formas e situações reais? Em que nível os alunos demonstram uma compreensão significativa ou mecânica durante a exposição do conteúdo? Em que nível os alunos demonstram um aprendizado significativo ou mecânico após o estudo individual, posterior a exposição do conteúdo pelo professor? Qual é a diferença de desempenho entre alunos que demonstraram fazer o estudo de funções quadráticas de maneira mecânica e aqueles que demonstraram fazer de maneira significativa?

Para responder essas questões, definiu-se o objetivo de investigar o processo de aprendizagem de alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola situada em uma cidade circuvizinha de Arapiraca - AL no estudo de funções quadráticas. O propósito é identificar a prevalência da aprendizagem significativa em comparação com a aprendizagem mecânica e implicações. Para atingir este objetivo, executaremos os passos descritos a seguir.

Inicialmente, serão caracterizados os processos de aprendizagem significativa e mecânica, destacando-se as teorias e modelos relevantes para a análise dos dados coletados. Por seguinte, será feita uma caracterização dos significados presentes no conceito de função quadrática. Então, será determinada a frequência em que os alunos aplicaram o método de aprendizagem significativa ou mecânica no estudo do conceito de funções quadráticas. Por fim, se identificará implicações da prevalência da aprendizagem mecânica ou significativa no estudo de funções quadráticas, especialmente em relação ao desempenho escolar e ao desenvolvimento das habilidades de resolução de problemas.

Parte-se ainda da hipótese de que predomina a ocorrência da aprendizagem mecânica em contraste com a aprendizagem significativa entre os alunos do primeiro ano do ensino médio da escola investigada ao estudarem o conceito de funções quadráticas e ainda que isso promove um baixo desempenho no desenvolvimento escolar do aluno e no desenvolvimento de habilidades com a resolução de problemas necessário para a contribuição deste no desenvolvimento social.

Assim, para viabilizar o teste da hipótese, será feita uma pesquisa com finalidade básica, como o objetivo exploratório, com a utilização do método hipotético-dedutivo, através de uma abordagem qualitativa, fazendo uso de procedimento bibliográfico, levantamento e estudo de casos.

Os passos serão: Primeiramente, fazer um levantamento com os alunos, por meio de questionário, aplicado meses depois da ministração do conteúdo, projetado para medir o nível de

aprendizagem significativa e mecânica do conceito de função quadrática.

Em um outro momento, fazer uma entrevista semiestruturada com o professor da turma para explorar suas impressões sobre a compreensão conceitual dos alunos durante a exposição do conteúdo e nas devolutivas dos exercícios de casa, visando avaliar em que nível os alunos demonstraram ter tido uma aprendizagem significativa e em que nívvel demonstraram ter tido uma aprendizagem mecânica.

O último passo sera fazer um confronto entre os resultados dos questionários e as percepções do professor. Ao comparar os resultados, poderemos verificar se as tendências ou conclusões são consistentes. Isso permitirá uma compreensão mais completa do fenômeno.

Ao final, conclui-se que o objetivo foi atendido, e a pergunta foi respondida com a afirmação da hipótese, indicando que há a predominância da parendizagem mecânica em comparação com a aprendizagem significativa entre os alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola investigada ao estudarem o conceito de funções quadráticas, o que promoveu um baixo desempenho no desenvolvimento escolar dos alunos e no desenvolvimento de habilidades com a resolução de problemas, impactando assim no não desenvolvimento nestes alunos de competências como de habilidades necessárias para que ele se torne ativo na tomada de decisões referente a sua contribuição social.

# 2 APRENDIZAGENS DE AUSUBEL

David Paul Ausubel foi um psicólogo americano conhecido por suas contribuições para a psicologia educacional e suas teorias sobre a aprendizagem. Ele nasceu em 25 de outubro de 1918, na cidade de Nova York, Estados Unidos. Frequentou a Universidade de Nova York, onde obteve seu diploma de bacharel em Psicologia em 1939. Ele continuou seus estudos de pós-graduação na mesma universidade, concluindo um doutorado em Psicologia em 1943.

Ausubel tornou-se conhecido por suas teorias sobre a aprendizagem, incluindo a ideia de aprendizagem significativa versus aprendizagem mecânica. Ele argumentou que a aprendizagem pode ser categorizada em dois tipos principais: Aprendizagem mecânica (automática ou por memorização) e aprendizagem significativa. Para entender melhor a teoria, vamos caracterizar separadamente cada um desses conceitos.

## 2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A aprendizagem significativa é um tema que tem ganhado muito destaque no campo das pesquisas educacionais. "[...] a aprendizagem significativa ocorre quando a tarefa de aprendizagem implica relacionar, de forma não arbitrária e substantiva (não literal), uma nova informação a outras com as quais o aluno já esteja familiarizado, e quando o aluno adota uma estratégia correspondente para assim proceder." (Ausubel; Novak e Hanesian, 1980, p. 23). Para um melhor entendimento, vamos considerar em detalhes a definição dada.

A definição nos indica que para que ocorra a aprendizagem significativa é necessário que a tarefa de aprendizagem leve os alunos a estabelecer conexões entre a nova informação que estes estão aprendendo e informações que já possuem em sua mente. Como exemplo podemos citar o caso em que o aluno está prestes a aprender o conceito de função quadrática e sabemos que a este conceito precede os conhecimentos de função, parábola, raízes da função, entre outros. Caso eles estejam alojados na mente do aluno, o conceito de função quadrática terá um sentido quando for estudado, um significado.

A definição nos chama a atenção para a não arbitrariedade e não literalidade. Isto quer dizer que o novo conceito não deve ser memorizado ou associado de maneira aleatória, pelo contrário, o aluno deve ter consciência de como este conceito se conecta ao que ele já sabe, deve entender como a nova informação se encaixa em um contexto mais amplo e como ela pode ter implicações e significados mais profundos.

Um exemplo de aprendizado arbitrário e literal da função quadrática pode ocorrer quando

um aluno apenas memoriza a fórmula geral da função quadrática, $f(x) = ax^2 + bx + c$, sem compreender o significado de cada elemento agregado a ela ou como esta função se relaciona com conceitos mais amplos. Nesse caso, o aluno pode decorar a fórmula sem entender como ela se origina ou como as variáveis a, b e c influenciam o formato do gráfico.

O aluno pode apenas aplicar a fórmula para resolver problemas sem reconhecer a conexão entre a função quadrática e fenômenos do mundo real. Isso é uma abordagem arbitrária e literal, pois o aluno não está estabelecendo relações significativas entre a função quadrática e seu contexto mais amplo.

Os autores concluem a definição de Aprendizagem Significativa enfatizando que o aluno precisa adotar uma estratégia ou abordagem que facilite a criação destas conexões significativas entre a nova informação e o conhecimento prévio. Isso requer que ele vá em busca de relações, de fazer perguntas, de criar exemplos ou analogias, e de forma geral, de engajar-se na aprendizagem de maneira mais profunda.

Ausubel dá um grande destaque em seu texto aos conhecimentos prévios, e em virtude da relevância, atribuiu-lhes um nome específico, Subsunçor. Moreira (1982) atesta essa afirmação ao dizer que os subsunçores são os fatores influenciadores da aprendizagem significativa mais importantes. Ausubel diz que quando o aluno tem em sua estrutura de conhecimentos um conjunto organizado de subsunçores de um determinado tema, isso abre caminho para que ele compreenda os novos conhecimentos desse tema de forma relevante.

Como mencionado anteriormente, os subsunçores se encontram na EC do aluno. Ausubel também dá um destaque particular a ela. Segundo Moreira (1982), ela aloja todos os conhecimentos que o aluno possui dos diversos temas. Dentre eles, existem conceitos que possuem uma forte correlação, como também existem conceitos soltos, com pouca ou nenhuma conexão aos demais.

Segundo Moreira, quando os conceitos interligados se associam, ocorre a formação das hierarquias conceituais, em outras palavras, uma árvore de conhecimentos. “Elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos.” (Moreira, 1982, p. 7-8). Quando assim ocorre, o aluno adquire um conhecimento sólido sobre o tema.

Em contrapartida, quando os conceitos são dispostos de forma dispersa na EC, isso resulta em um conhecimento superficial do tema, levando à aprendizagem mecânica. No próximo tópico exploraremos as principais características desse tipo de aprendizagem, como ela acontece, em particular, no estudo de funções quadráticas.

## 2.2 APRENDIZAGEM MECÂNICA

A aprendizagem mecânica, diferentemente da aprendizagem significativa, não tem sido objeto de grande destaque nas pesquisas em educação. Tal fato desperta inquietações sobre o tema, visto que há a necessidade de se caracterizar precisamente esse tipo de aprendizagem de forma a nutrir a ciência educacional de dados sólidos sobre ela, possibilitando aos educadores identificar com precisão a ocorrência da mesma na sala de aula.

Inicialmente, analisemos a seguinte definição:

> Aprendizagem automática [...] ocorre se a tarefa consistir de associações puramente arbitrárias, como na associação de pares, quebra-cabeça, labirinto, ou aprendizagem de séries e quando falta ao aluno o conhecimento prévio relevante necessário para nortear a tarefa potencialmente significativa, e também (independentemente do potencial significativo contido na tarefa) se o aluno adota uma estratégia apenas para internalizá-la de uma forma arbitrária, literal. (Ausubel; Novak e Hanesian, 1980, p. 23).

Os autores abordam o conceito de "associações puramente arbitrárias"no contexto da aprendizagem, referindo-se a situações em que os alunos simplesmente memorizam informações ou conceitos sem compreender o significado subjacente, sem estabelecer conexões com conhecimentos prévios. Essa abordagem deixa os conceitos aprendidos desconexos e isolados na EC, resultando em uma compreensão superficial desses conceitos. Decorre disso que se o professor apresentar aos alunos tarefas com associações puramente arbitrárias, a aprendizagem se torna mecânica.

Podemos tomar como exemplo de "associação puramente arbitrária"no estudo da função quadrática o caso em que aos alunos é apresentada a lei de formação com uso de técnicas de memorização com mnemônicos, sem a busca compreensão do significado ou o conceito por trás dela. Nesse caso, o aluno pode ser capaz de escrever e/ou identificar qualquer função do segundo grau seguindo a lei $y = a^2 + bx + c$, mas não será capaz de entender coisas do tipo: Como essa equação se relaciona com a parábola? Como seu gráfico é afetado pelos coeficientes? Como esse conceito se encaixa em problemas do mundo real?

Por seguinte, eles destacam que a aprendizagem significativa não depende apenas da natureza da tarefa apresentada pelo professor, ela também requer que o aluno adote uma estratégia de aprendizado que promova o significado. Eles enfatizam que, independentemente da qualidade do ensino, se o aluno optar por uma estratégia baseada na memorização, a aprendizagem se tornará mecânica. Para uma compreensão mais aprofundada disso, vejamos agora um exemplo que ilustra como isso pode ocorrer.

O professor de matemática decide ensinar funções quadráticas de maneira significativa.

Ele começa trabalhando o conceito de funções quadráticas por meio de atividades práticas, onde o aluno constrói seu significado, como o movimento de um objeto em queda livre. Ele usa gráficos para mostrar como a forma da parábola se relaciona com o movimento do objeto e como os coeficientes da equação afetam a trajetória.

O professor envolve os alunos em atividades práticas, como medir o tempo que leva para uma bola ser lançada no ar e cair de volta ao chão. Eles coletam dados e aprendem a ajustar uma função quadrática aos dados reais. O professor também discute aplicações da função quadrática em campos como engenharia e física, destacando a relevância da matéria na vida real.

Apesar do esforço do professor em tornar o assunto significativo, um aluno pode abordar o aprendizado de funções quadráticas de maneira mecânica. Ele pode memorizar a forma padrão da função quadrática, como $y = ax^2 + bx + c$, e as fórmulas para calcular as raízes ou o vértice.

Quando confrontado com problemas envolvendo funções quadráticas, o aluno pode simplesmente aplicar essas fórmulas sem compreender completamente o significado por trás delas. Ele pode resolver os problemas, mas sem uma reflexão profunda da relação entre os coeficientes da equação e o comportamento do gráfico. Essa abordagem mecânica significa que o aluno está seguindo um conjunto de regras sem uma compreensão completa do conceito, apesar do esforço do professor em ensinar de forma significativa.

É importante destacar que não devemos confundir os benefícios da aprendizagem significativa com a condenação da aprendizagem mecânica, visto que inevitavelmente ela vai ocorrer. Percebemos isso quando eles citam que "[...] parte da aprendizagem escolar aproxima-se, de alguma forma, do nível automático, como por exemplo os símbolos de letras na leitura, vocabulário de línguas estrangeiras, os nomes de conceitos e objetos particulares, os símbolos usados para representar os elementos." (Ausubel; Novak e Hanesian, 1980, p. 23).

Observemos, por exemplo, o início do estudo de geometria, o qual acontece através da exposição das noções primitivas, as quais são adotadas sem definição, estas são: Ponto, Reta e Plano. Elas não exigem conhecimentos prévios aos quais eles possam se ancorar formando conexões, eles são autoevidentes e existem por si próprios, não dependentes de outras proposições. Sendo assim, o seu aprendizado acontece através de associação puramente arbitrária à EC, ou seja, mecanicamente.

Concordando com o que os autores mencionaram, Moreira também destacou que "[...] a aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informação numa área de conhecimento completamente nova para ele, [...] até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na Estrutura Cognitiva e possam servir

de subsunçores, ainda que pouco elaborados.” (Moreira, 1982, p. 9-10).

Ainda falando sobre a abordagem mecânica os autores falam: ““automatismo resultante”, entretanto, não é inerente ao método expositivo, [...] o uso abusivo deste método prejudica a realização da aprendizagem significativa.” (Ausubel; Novak e Hanesian, 1980, p. 23 Apud Ausubel, 1961). Para entender melhor o que eles quiseram dizer, analisamos em detalhe o que foi dito.

O método expositivo é uma abordagem de ensino na qual o professor apresenta informações de maneira direta aos alunos, muitas vezes por meio de palestras, demonstrações e apresentações. Ele não é projetado para promover o automatismo na aprendizagem, por isso os autores enfatizam que o automatismo resultante, ou seja, o resultado de um tipo de aprendizado que se torna mecânico, não é inerente ao método expositivo e ressaltam, por seguinte, a conclusão de que o uso abusivo do método de aprendizagem mecânica prejudica a compreensão conceitual, em coerência com esta tese a presente pesquisa busca caracterizar como.

Observamos aqui que os conceitos de aprendizagem significativa e mecânica delineados por Ausubel e seus colegas destacam a importância de conectar novas informações aos conhecimentos prévios dos alunos para promover uma compreensão profunda e significativa. Enquanto a aprendizagem significativa envolve a criação de conexões não arbitrárias e substanciais entre novas informações e conhecimentos prévios, a aprendizagem mecânica ocorre quando os alunos simplesmente memorizam informações sem entender seu significado subjacente. Embora a aprendizagem mecânica seja inevitável em certas situações, como na introdução de conceitos completamente novos, o foco deve ser na promoção da aprendizagem significativa para facilitar uma compreensão mais profunda e duradoura.

# 3 O CONCEITO DE FUNÇÃO QUADRÁTICA E SEUS SIGNIFICADOS

No vasto campo da matemática, as funções quadráticas emergem como uma das estruturas fundamentais, desempenhando um papel central em diversas áreas, desde a física até a economia. Este capítulo é uma jornada através do universo das funções quadráticas, delineando seu conceito e significados.

Começaremos nossa exploração definindo e explorando o conceito de funções, entendendo sua importância e utilidade na descrição de fenômenos matemáticos e no estudo de relações entre variáveis. Em seguida, concentraremos nossa atenção nos significados específicos associados às funções quadráticas, desvendando sua natureza peculiar e suas implicações em diversas áreas do conhecimento.

## 3.1 A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE FUNÇÃO

As funções representam um conceito essencial na matemática, abrangendo relações entre conjuntos. Essas relações oferecem uma estrutura fundamental para entender a interdependência entre grandezas variáveis em diferentes contextos. Ao explorar as propriedades das funções, estudamos como as transformações ocorrem e como variáveis se comportam em relação umas às outras, permitindo-nos modelar e compreender fenômenos diversos em áreas tão distintas quanto ciências naturais, sociais, exatas e aplicadas.

Caraça (1951) relata em seu texto que a função surgiu da necessidade dos seres humanos de enfrentar a natureza e exercer domínio sobre ela. Ele nos dá um exemplo:

> Suponhamos que queiramos estudar a queda dos graves no vácuo. Suponhamos realizadas as condições físicas necessárias e procuremos a regularidade do fenômeno: a lei quantitativa. [...] Medimos as alturas de queda em intervalos de tempo iguais, e estudamos depois a variação dessas alturas de queda. (Caraça, 1951, p. 126).

Tabela 1 – Queda dos graves no vácuo.

| Tempos (segundos) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | ... |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Espaços (metros) | 0 | 4,9 | 19,6 | 44,1 | 78,4 | ... |

Fonte: Caraça (1951).

Caraça nos mostra que não podemos determinar a lei com apenas esses dados, mas já podemos concluir algumas coisas deles. A tabela consiste em “dois conjuntos de números - o dos tempos, que representamos por conjunto $t$, e o dos espaços, que representamos por conjunto

$e$ - postos em correspondência um com o outro" (Caraça, 1951, p. 126). Observe que a cada período de tempo, a partícula percorre um único espaço, então a correspondência é unívoca.

Depois desse exemplo, Caraça (1951, p. 127) nos faz a pergunta: "em que consiste, afinal, a lei?" Ele responde que é na maneira como os elementos de um conjunto estão relacionados aos elementos de outro conjunto por meio de uma correspondência, que neste caso é uma relação específica e única, na qual é atribuindo a cada elemento do primeiro conjunto um único correspondente no segundo conjunto, sem repetições ou ambiguidades.

Daí surge a seguinte conclusão: "Se, por consequência, queremos estudar leis quantitativas, temos que criar um instrumento matemático cuja essência seja a correspondência de dois conjuntos." (Caraça, 1951, p. 127). Temos a ideia do instrumento que temos que criar, agora vamos arranjar uma representação simbólica para os conjuntos para não precisaremos recorrer a tabelas específicas. Caraça começa a montagem dessa representação com a definição de variável:

> Seja $(E)$ um conjunto qualquer de números, conjunto finito ou infinito, e convencionemos representar qualquer dos seus elementos por um símbolo, por ex.: $x$. A este símbolo, representativo de qualquer dos elementos do conjunto $(E)$, chamamos variável. (Caraça, 1951, p. 127).

Imagine um conjunto de números, como o conjunto $A = \{1, 2, 3\}$. Se usarmos uma variável $x$ para representar os elementos desse conjunto, dizemos que $x$ pode ser qualquer um dos três números do conjunto $A$ quando usamos $x$ em uma equação ou expressão. Isso significa que $x$ pode ser 1, 2 ou 3.

Caraça nos chama a atenção para o caráter contraditório da variável ao afirmar que "[...] a variável é e não é cada um dos elementos do conjunto". (Caraça, 1951, p. 127). Isto é, ao mesmo tempo que dizemos que $x$ pode ser qualquer um dos números do conjunto $A$, a variável $x$ não é exclusivamente nenhum desses números quando é usada como variável. Ela pode representar qualquer um deles, mas, individualmente, $x$ não é igual a nenhum número específico do conjunto. Ela é apenas uma representação abstrata e generalizada dos elementos.

Agora voltemos ao exemplo da queda dos graves no vácuo. Segundo Caraça (1951), $t$ é a variável do conjunto dos tempos e $e$ a variável do conjunto dos espaços, a correspondência entre $t$ e $e$ é a lei.

> Seja $t$ a variável do conjunto dos tempos e $e$ a variável do conjunto dos espaços; a lei consiste na existência duma dada correspondência entre $t$ e $e$ correspondência de que sabemos que é unívoca no sentido $t \to e$. Diremos que a variável $e$ é função da variável $t$, e escreveremos simbolicamente $e = f(t)$; à variável $t$, antecedente da correspondência, chamaremos variável independente; à variável $e$ chamaremos variável dependente. (Caraça, 1951, p. 128-129).

Temos aqui então um instrumento próprio para o estudo de leis. Veja como que quando dizemos que $e = f(t)$, dizemos muito mais do que o que está escrito na tabela 1, pois esta diz apenas alguns valores de correspondência, ao passo que a expressão $e = f(t)$ nos garante que para qualquer valor de $t$ existe um, e um só valor de $e$, o que é uma informação mais completa.

Caraça formaliza a definição de função da seguinte forma:

> Sejam $x$ e $y$ duas variáveis representativas de conjuntos de números; diz-se que $y$ é função de $x$ e escreve-se $y = f(x)$ se entre as duas variáveis existe uma correspondência unívoca no sentido $x \to y$. A $x$ chama-se variável independente, a $y$ variável dependente. (Caraça, 1951, p. 129).

Caraça, então, levanta mais perguntas: "como se define cada função particular $y = f(x)$? como se dá, em cada caso, a lei de correspondência?" (Caraça, 1951, p. 129-130). Ele nos mostra que há várias maneiras de fazer isso, um exemplo é a definição analítica. Vejamos no próximo tópico como ocorre essa definição.

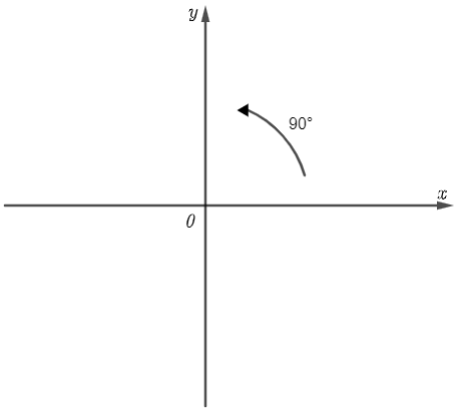
Segundo Caraça, "Consiste este modo de definição em dar um conjunto de operações de modo tal que, por meio delas, se possa fazer corresponder a cada valor $a$ de $x$ um valor $b$ de $y$." (Caraça, 1951, p. 130). Temos como exemplo $y = 4,9x^2$. Essa é uma expressão analítica que faz corresponder cada valor de $x$ com os valores de $y$ iguais a $4,9x^2$. Observe que se $x = 1$, então $y = 4,9$; se $x = 2$, então $y = 19,6$; se $x = 3$, então $y = 44,1$; se $x = 4$, então $y = 78,4$ e assim podemos prosseguir indefinidamente.

Caraça enfatiza que "o conceito de função não se confunde com o de expressão analítica." (Caraça, 1951, p. 131). Uma expressão analítica, como $y = 4.9x^2$, é uma maneira de expressar a relação matemática entre duas variáveis, $x$ e $y$, por meio de uma fórmula ou equação, por si só não é uma função. Para que essa expressão seja uma função, ela precisa atender a uma condição crucial: Para cada valor de $x$ na expressão, deve existir um único valor correspondente de $y$. É essa correspondência única que define a essência de uma função matemática.

Vamos ver outra forma de se estabelecer a correspondência de uma função, esta é a definição geométrica de uma função. A ela precede a construção de um sistema chamado de artesiano. Caraça defini-o da seguinte forma:

> Sejam no plano, (Figura 1) duas rectas concorrentes que, por comodidade, se tomam perpendiculares entre si, e orientadas como a figura indica - uma vez orientado o eixo $Ox$ como na Figura 2, toma-se para sentido positivo do outro eixo aquele sentido tal que o semi-eixo positivo $Ox$ se pode levar à coincidência com o semi-eixo positivo $Oy$ por uma rotação de $90°$ feita no sentido direto ou positivo (contrário ao sentido do movimento dos ponteiros dum relógio)." (Caraça, 1951, p. 133, grifo nosso).

Figura 1 – Sistema Cartesiano




Fonte: Caraça (1951).

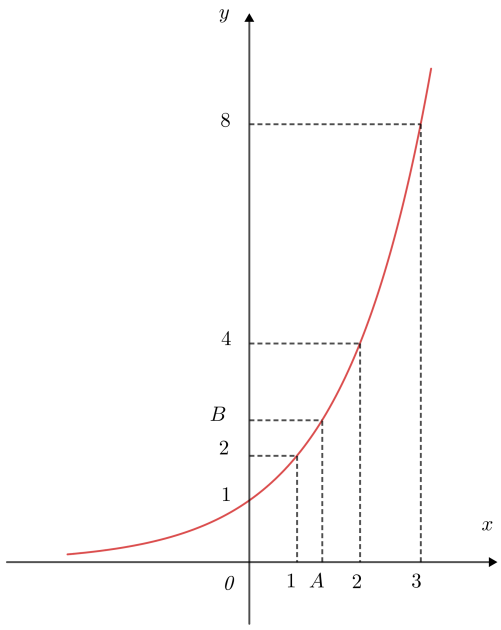
Figura 2 – Eixo coordenado $Ox$

Fonte: Caraça (1951).

Estabelecido a noção de plano cartesiano, caraça segue com a definição geométrica de função da seguinte forma:

> Seja um sistema de referência cartesiano e uma curva $(C)$ que não seja cortada em mais de um ponto por uma paralela ao eixo Oy (Figura 3). Essa curva permite definir uma função $f(x)$, para o que basta fazer o seguinte: Seja $P$ um ponto qualquer da curva e tiremos, por ele, perpendiculares aos eixos, as quais os encontram nos pontos $A$ e $B$; sejam $a$ e $b$ os números reais (relativos) iguais, respectivamente, às medidas algébricas de $\bar{OA}$ e $\bar{OB}$. Suponhamos feita uma construção análoga para cada ponto da curva e façamos corresponder a cada número $a$ o número $b$ obtido pela construção indicada. Fica assim definida uma correspondência do conjunto dos $aa$ - variável $x$ - ao conjunto dos $bb$ - variável $y$ - fica, portanto, definida uma função $f(x)$. (Caraça, 1951, p. 133, grifo nosso).

Figura 3 – Curva (C)




Fonte: Caraça (1951).

## 3.2 EXPLORANDO O CONCEITO DE FUNÇÃO QUADRÁTICA

Direcionando nossos olhares para o conceito de função quadrática, exploremos agora os significados das palavras e símbolos intrínsecos a ele, analisando detalhadamente. Tomaremos como base duas formas de definição da função quadrática, a definição analítica e a definição geométrica. Cada termo expresso nelas contém uma riqueza de associações que devem ser evocadas na mente daqueles que as utilizam e as recebem.

A função quadrática é analiticamente definida da seguinte forma: "$f : R \to R, \quad x \to ax^2 + bx + c, a \neq 0$" (Iezzi, 1977, p. 123). Quando pensamos nessa expressão, o que recordamos em nossa mente? Que significado cada uma das palavras ou símbolos aqui usados tem para quem fala ou para quem ouve?

Cada uma das palavras ou símbolos deve trazer uma variedade de associações, por exemplo na expressão $f : R \to R, \quad x \to ax^2 + bx + c$ temos implicitamente um polinômio. Esse elemento deve estar claro em nossas mentes. Um polinômio se trata de uma expressão matemática que consiste em uma soma de termos, onde cada termo é um produto de uma constante, a qual chamamos de coeficiente, e uma ou mais variáveis elevadas a um expoente inteiro não negativo.

Por exemplo, $P(x) = a_n x^n + a_{n-1}x^{n-1} + \cdots + a_1 x + a_0$. Nessa expressão, $P(x)$ é o

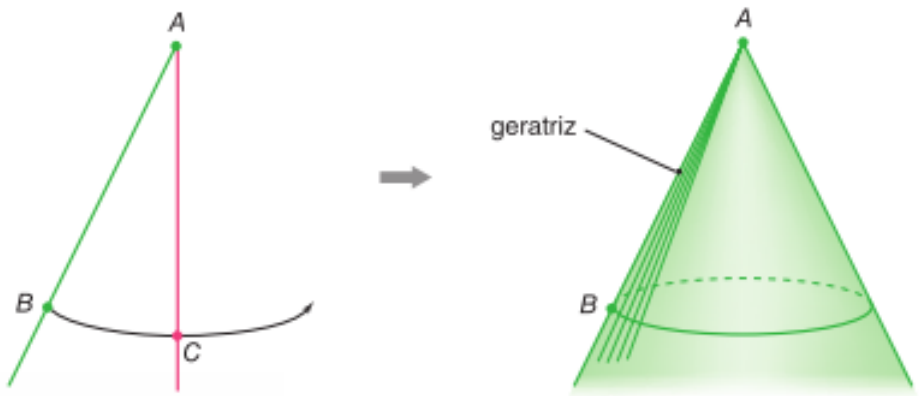
polinômio, $a_n, a_{n-1}, \cdots, a_1, a_0$ são os coeficientes (números), $x$ é a variável e $n$ é um número inteiro não negativo que representa o grau do polinômio (o maior expoente ao qual a variável está elevada). Logo, o polinômio de grau dois é uma expressão do tipo: $P(x) = a_2x^2 + a_1x + a_0$. Ao se entender isso, se entende a relação entre polinômio de grau dois com a expressão $f(x) = ax^2 + bx + c$.

Olhemos novamente para a expressão analítica da função quadrática e note que ela nos informa que está ocorrendo uma relação entre dois conjuntos de números reais, $R \to R$. A relação é dada da seguinte forma: Dado um número do primeiro conjunto, o conjunto de partida, ele se relaciona com um número pertencente ao segundo conjunto, o conjunto de chegada, pela expressão $ax^2 + bx + c$, onde $a \neq 0$. Essa relação é unívoca, por isso se trata de uma função, desse fato decorre a letra $f$ no início da definição.

Agora analisemos a representação geométrica de uma função quadrática. Comecemos pelo fato de que gráfico de uma função quadrática é uma parábola. Mas o que é uma parábola?

> Para entender a parábola, considere duas semirretas não colineares, $\bar{AB}$ e $\bar{AC}$, de mesma origem $A$. A rotação de 360° de $\bar{AB}$ em torno de $\bar{AC}$ gera uma superfície cônica ilimitada. Qualquer semirreta de origem $A$ contida nessa superfície cônica é chamada de geratriz da superfície. (Paiva, 2015, p. 157).

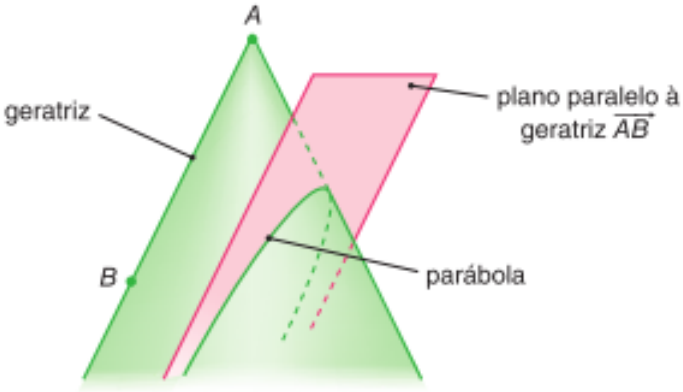
Figura 4 – Superfície Cônica.




Fonte: Paiva (2015).

A intersecção de uma superfície cônica ilimitada com um plano paralelo a uma das geratrizes dessa superfície é uma parábola. (Paiva, 2015, p. 157).

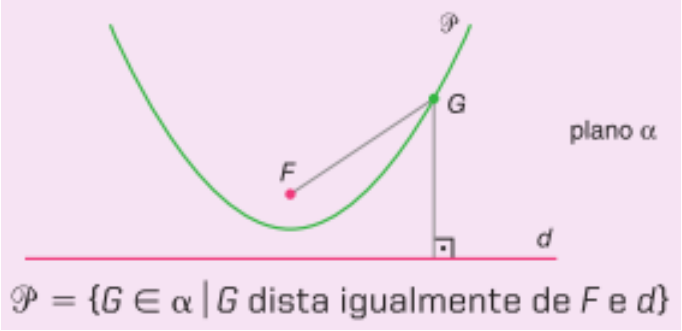
Figura 5 – Plano seccionando o cone.




Fonte: Paiva (2015).

De forma mais precisa, uma parábola é definida da seguinte forma: "Dados uma reta $d$ e um ponto $F$ de um plano $\alpha$, com $F \notin d$, chama-se parábola $P$, de diretriz $d$ e foco $F$, o conjunto dos pontos desse plano equidistantes de $d$ e de $F$. (Paiva, 2015, p. 158).

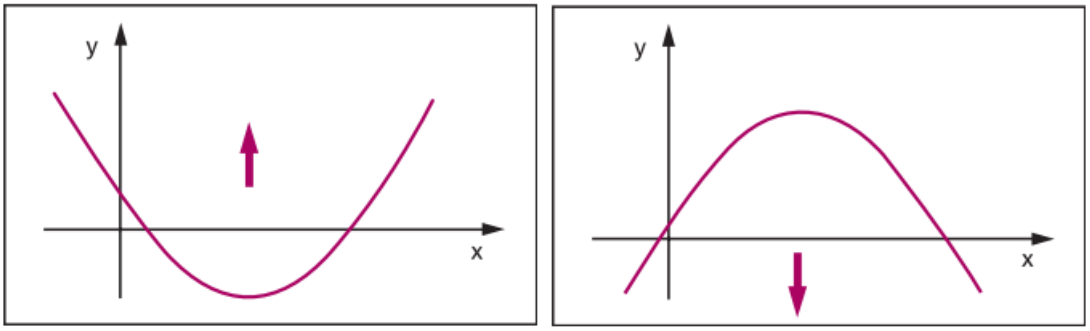
Figura 6 – Parábola.




Fonte: Paiva (2015).

Parábolas podem ser côncavas para cima ou côncavas para baixo. O que determina isso é o sinal do número real $a$. São dois casos: $a > 0$, que torna a parábola côncava para cima e $a < 0$, que torna a parábola côncava para baixo. Um terceiro caso, excluído na definição, é $a = 0$. Essa restrição decorre do fato de que se $a = 0, ax^2 = 0$, o que faz com que o maior grau do polinômio seja 1, assim sendo, a função não se caracteriza como quadrática.

Figura 7 – Concavidade da Parábola.



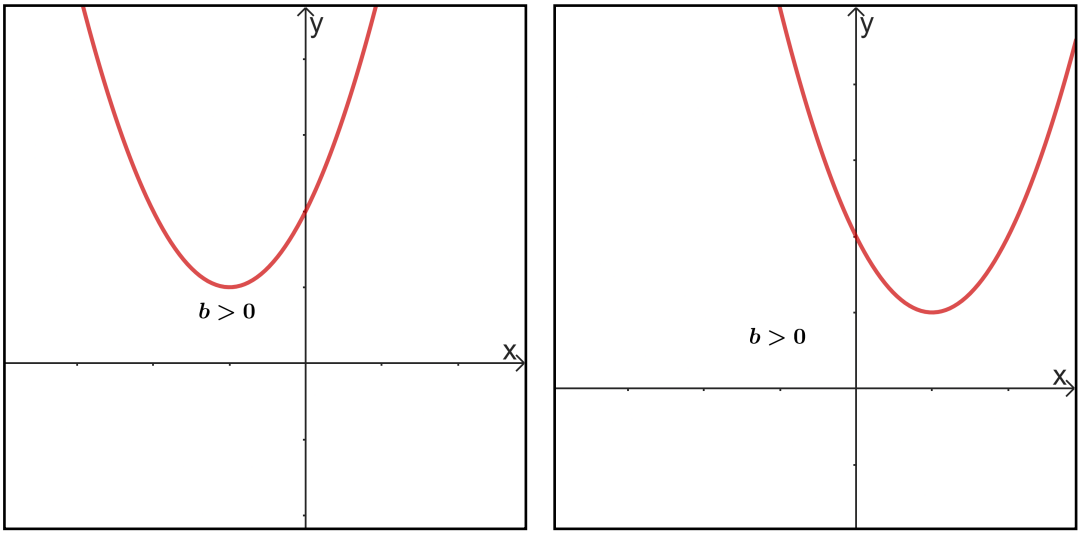

(a) Concavide para cima. (b) Concavide para baixo.

Fonte: Paiva (2015).

O termo b na função quadrática $f(x) = ax^2 + bx + c$ tem um papel importante na determinação do deslocamento horizontal da parábola no plano cartesiano. Ele afeta a posição da parábola no eixo $x$ (horizontal). Vamos explorar como $b$ influencia o gráfico da função quadrática.

Se $b > 0$, a parábola é deslocada para a direita do eixo cartesiano $y$ e se $b < 0$, a parábola é deslocada para a esquerda do eixo cartesiano $y$. Quanto maior o valor absoluto de $b$, maior será o deslocamento horizontal. Além disso, o valor de $b$ é exatamente o valor da inclinação da parábola no ponto em que ela toca o eixo $y$.

Figura 8 – Deslocamento horizontal.



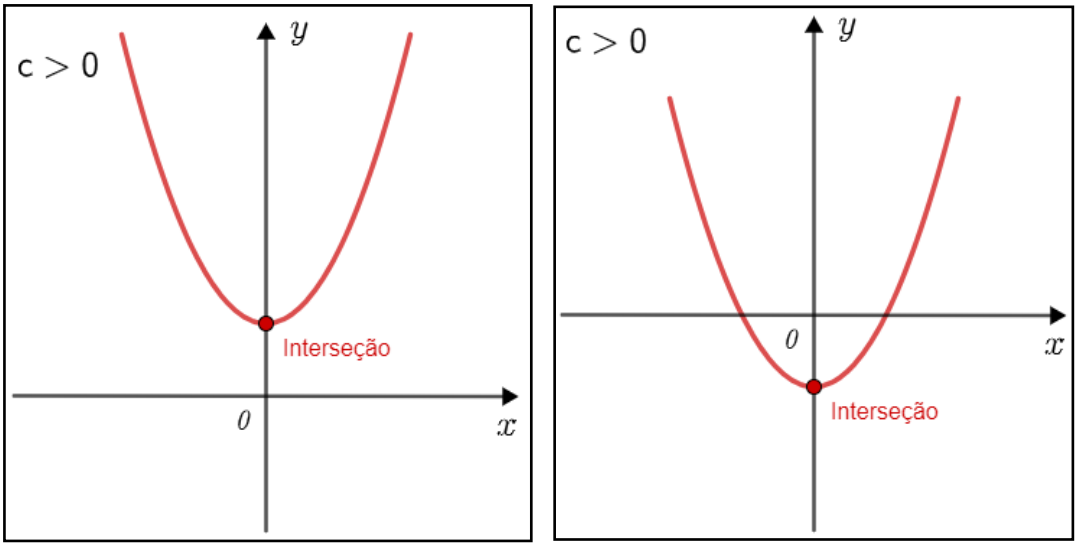

(a) Deslocamento para a esquerda. (b) Deslocamento para a direita.

Fonte: O autor (2023).

Por fim, o parâmetro $c$ na função quadrática $f(x) = ax^2 + bx + c$ afeta a posição vertical da parábola no plano cartesiano. Ele determina o valor da ordenada $y$ quando $x = 0$, ou seja, o ponto onde a parábola toca o eixo cartesiano $y$. Se $c > 0$, a parábola está intersectando o eixo

coordenado $y$ na parte positiva, se $c < 0$, a parábola estará intersectando o eixo coordenado $y$ na parte negativa, e por fim, se $c = 0$, a parábola estará intersectando o eixo cartesiano $y$ na origem.

Figura 9 – Deslocamento vertical.




(a) Interseção acima do eixo $x$. (b) Interseção abaixo do eixo $x$.

Fonte: O autor (2023).

Exploramos aqui os significados das palavras e símbolos intrínsecos ao conceito de função quadrática, abordando tanto a definição analítica quanto a definição geométrica. Ao entender os significados por trás das palavras e símbolos associados à função quadrática, somos capazes de visualizar e interpretar seu comportamento de maneira mais abrangente e precisa.

# 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

## 4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Feitas todas as considerações anteriores, voltemos nossos olhares para o método usado nesta pesquisa. Este estudo apresenta como base teórica e metodológica uma pesquisa exploratória. "Pesquisa exploratória: é toda pesquisa que busca constatar algo num organismo ou num fenômeno. Exemplo: saber como os peixes respiram." (Bello, 2004, p. 52).

A finalidade da pesquisa é a básica. "Pesquisa básica, pura ou fundamental: é aquela que procura o progresso científico, a ampliação de conhecimentos teóricos, sem a preocupação de utilizá-los na prática. É a pesquisa formal, tendo em vista generalizações, princípios, leis. Tem por meta o conhecimento pelo conhecimento." (Silva, 2015, p. 7).

O método utilizado no desenvolvimento foi o hipotético-dedutivo, fazendo-se uso de estudo de casos, o qual Goode e Hatt (1977) descrevem como uma maneira de organizar dados e reunir informações detalhadas e numerosas sobre o objeto de estudo, preservando sua unidade e integridade, através de uma abordagem qualitativa que segundo Zanella:

> Enquanto o método quantitativo de pesquisa preocupa-se com a medição dos dados, o método qualitativo não emprega a teoria estatística para medir ou enumerar os fatos estudados. Preocupa-se em conhecer a realidade segundo a perspectiva dos sujeitos participantes da pesquisa, sem medir ou utilizar elementos estatísticos para análise dos dados. O método qualitativo de pesquisa não é empregado quando o pesquisador quer saber quantas pessoas têm preferência por um produto, portanto, não é projetado para coletar resultados quantificáveis (Zanella, 2006, p. 99).

Fez-se uso de procedimento bibliográfico, que "Trata-se do levantamento da bibliografia já publicada sobre o assunto de interesse, em forma de livros, revistas, periódicos, publicações avulsas, veiculados na internet ou por meio da imprensa escrita." (Silva, 2015, p. 83).

A pesquisa foi realizada com uma turma de 42 alunos do primeiro ano de uma escola de ensino médio da rede pública de uma cidade circuvizinha de Arapiraca. Já a coleta de dados aconteceu em dois momentos: No primeiro momento foi feita a aplicação de um questionário (Anexo I) no dia 13 de dezembro de 2023 com duração de aproximadamente 50 minutos. No segundo momento foi feita uma entrevista semiestruturada (Anexo II) com o professor da turma, no dia 16 de fevereiro de 2024, com a duração de 17 minutos.

## 4.2 A COLETA DE DADOS

O questionário (Anexo I) continha 4 questões, algunas de múltipla escolha e outras abertas. As questões pretendiam investigar algumas questões de pesquisa deste trabalho, em particular, as seguinte questões: Em que nível os alunos conseguem reconhecer algébrica e geometricamente funções quadráticas? Em que nível os alunos conseguem reconhecer as relações entre a forma algébrica e a forma geométrica de uma função quadrática? Em que nível eles conseguem identificar a relação entre funções quadráticas nas suas diferentes formas e situações reais?

Ausubel destaca que os seguintes elementos evidenciam a ocorrência da compreensão significativa, a qual ele se refere como compreensão genuína: "Uma compreensão genuína implica o domínio de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis." (Ausubel; Novak e Hanesian, 1980, p. 122).

Dessa forma, elaborou-se questões que exigiam do aluno: Domínio dos significados do conceito de função quadrática claros e precisos; que ele soubesse diferenciar elementos característicos do conceito de função dos elementos das demais funções; que ele soubesse transitar entre representações do conceito, em particular, as representações algébrica e geométrica.

Ausubel (1980) relata que para fazer o teste de aprendizagem pode-se elaborar questões onde o aluno se depare com as seguintes situações:

- Questões onde ele tenha que diferenciar ideias relacionadas, mas não idênticas;
- Questões onde ele tenha que identificar elementos de um conceito ou proposição em uma lista contendo, também, elementos de outro conceito ou proposições similares; e
- Questões onde ele tenha que executar tarefas de aprendizagem sequencialmente dependentes das outras, que não possam ser executadas sem sua precedente.

Aproveitou-se de algumas dessas técnicas, em particular, as questões foram elaboradas de forma progressiva, onde o aluno precisava da questão anterior para responder a seguinte, ou seja, as tarefas eram sequencialmente dependentes. Também utilizou-se de listas contendo conceitos relacionados a função quadrática, mas não idênticos, tanto em sua forma algébrica como em sua forma geométrica.

Desse modo, neste trabalho, para o método de análise do tipo de aprendizagem dos alunos para o conteúdo de funções quadráticas, vamos considerar as seguintes ocorrências e o diagnóstico da aprendizagem envolvida:

Tabela 2 – Lista de ocorrências do teste de aprendizagem.

| OCORRÊNCIA | TIPO DE APRENDIZAGEM |
|---|---|
| Não reconheceu a forma algébrica, a forma geométrica, coeficientes e uma aplicação prática de uma função quadrática, mesmo tendo presenciado a exposição do conteúdo, mostra que os conceitos ficaram isolados e esquecidos na Estrutura C do aluno. | Mecânica |
| Não reconhece a forma algébrica nem sabe associar a gráficos, ou reconhecer coeficientes, mas reconhece uma aplicação real de função, uma aplicação que essa aplicação é um reconhecimento isolado na EC do aluno. | Mecânica |
| Reconheça a forma algébrica de uma função quadrática, mas não sabe reconhecer e/ou associar a gráficos, ou reconhecer coeficientes e sua associação com o gráfico, ou reconhecer coeficentes, nem reconhece uma aplicação real do conceito que a forma algébrica é um reconhecimento isolado na CE do aluno. | Mecânica |
| Reconheça uma forma algébrica de uma função quadrática, mas não sabe reconhecer e/ou associar a gráficos, ou reconhecer coeficientes que a forma algébrica é um reconhecimento isolado na CE do aluno. Dado isso, ao reconhecer uma aplicação real de função quadrática demonstra que: (1) Ele decorou o caso particular de aplicação prática, que significa que esse caso está isolado na EC do aluno, ou (2) ele chutou. | Mecânica |
| Reconheça a forma algébrica, associa à forma geométrica e reconhece os elementos de função quadrática em uma situação prática. | Significativa |
| Reconhece a forma algébrica, associa-a à forma geométrica, reconhece elementos que associam como duas formas e reconhece os elementos de função quadrática em uma situação prática. | Significativa |
| Reconhecer a forma algébrica, associar à forma geométrica e reconhecer elementos que associam as duas formas. | Significativa |
| Reconhecer a forma algébrica e associar à forma geométrica. | Significativa |

Fonte: O autor (2023).

A entrevista tinha 21 perguntas, as quais visavam investigar as demais questões de pesquisa deste trabalho, em particular, as seguinte questões:

- Em que nível os alunos demonstram uma compreensão mecânica durante a exposição do conteúdo?
- Em que nível os alunos demonstram um aprendizado significativo ou mecânico após o estudo individual posterior a exposição do conteúdo pelo professor?

- Qual é a diferença de desempenho entre alunos que demonstraram fazer o estudo de funções quadráticas de maneira mecânica e aqueles que demonstraram fazer de maneira significativa?

As perguntas da entrevista (Anexo II) visaram analisar, do ponto de vista do professor, elementos que demonstraram o nível de aprendizagem significativa e mecânica dos alunos da turma.

## 4.3 A ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi feita utilizando-se o Excel e o Word. Primeiramente, foi criado um arquivo excel contendo planilhas com a análise dos dados coletados nos questionários e por seguinte, um documento word onde foram listadas as perguntas da entrevista, as respostas do professor e a conclusão de cada pergunta.

Durante a análise de dados, verificou-se os dados coletados no teste e os dados coletados na entrevista. Montou-se gráficos para uma melhor visualização dos resultados do questionário, a fim de se concluir em que nível há a ocorrência da aprendizagem significativa e da aprendizagem mecânica e identificar se há a prevalência da aprendizagem significativa em comparação com a aprendizagem mecânica e implicações.

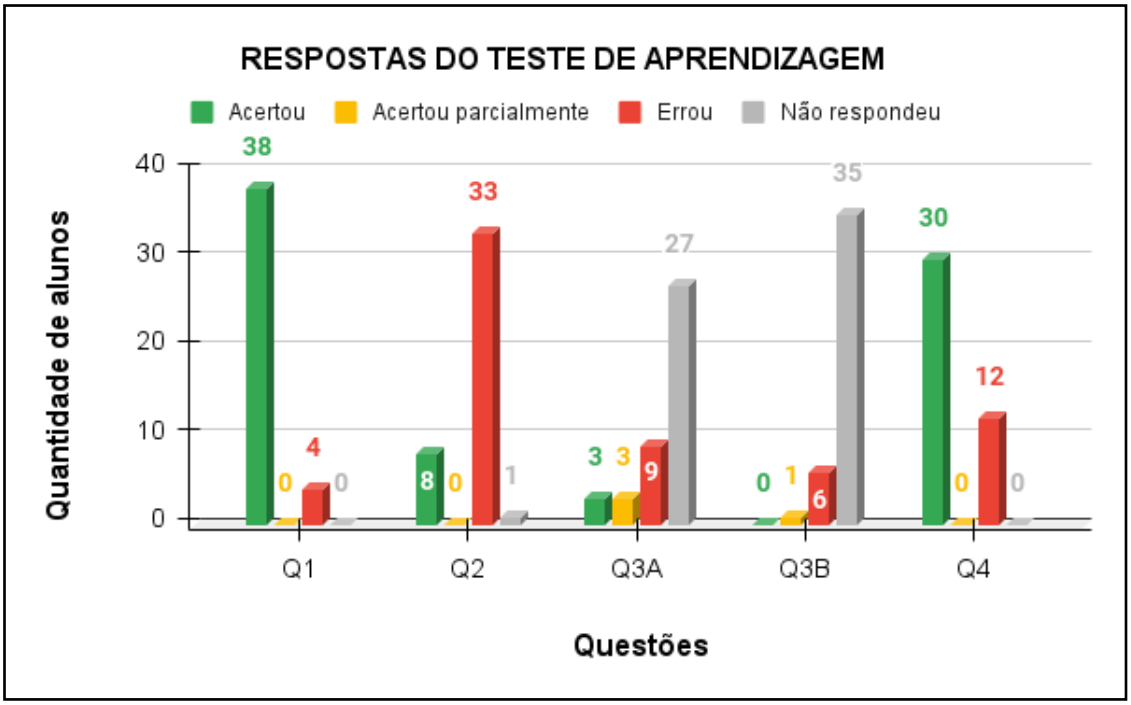
# 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

## 5.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

No dia 13 de dezembro de 2023, aplicou-se, a todos os 42 alunos da turma, um teste de verificação de aprendizagem em forma de questionário impresso contendo quatro questões. A finalidade do teste foi mapear elementos que contribuíssem para responder às questões de pesquisa deste trabalho e, assim, nos aproximar da resposta ao problema de pesquisa e da verificação da hipótese.

As respostas coletadas no teste de verificação de aprendizagem proporcionaram a construção do gráfico da Figura 10, o qual analisaremos detalhadamente nos tópicos seguintes.

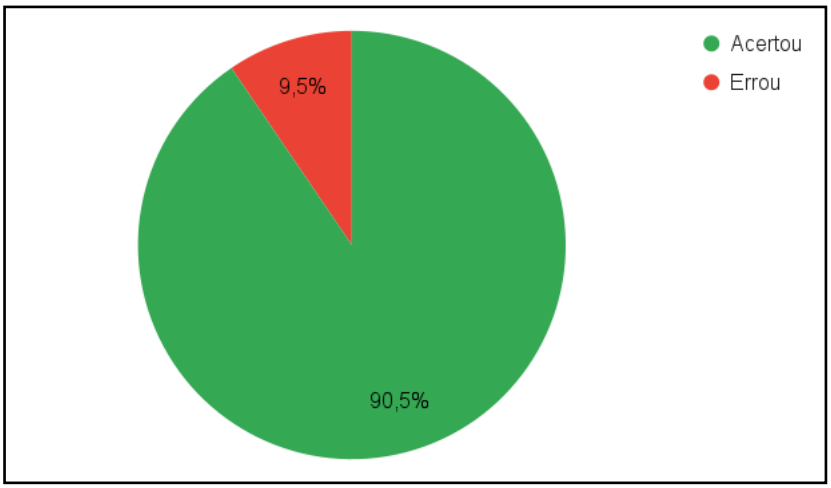
Figura 10 – Gráfico contendo as respostas do teste por questão.




Fonte: O autor (2023).

Primeiramente, foi elaborada uma questão fechada contendo cinco funções parecidas em sua forma algébrica reduzida. Solicitou-se aos alunos que identificassem a opção na qual a forma algébrica pertencia a uma função quadrática. A questão tinha o objetivo de verificar se os alunos conseguem reconhecer algebricamente uma função quadrática, analisando se eles têm o domínio de significados claros, precisos, diferenciados desta função ao propor a eles que escolhessem entre ideias relacionadas, mas não idênticas. Como podemos ver no gráfico da Figura 11, 90,5% (38 alunos) selecionaram a opção correta, enquanto 9,5% (4 alunos) selecionaram uma das alternativas incorretas.

Figura 11 – Respostas da questão 1.



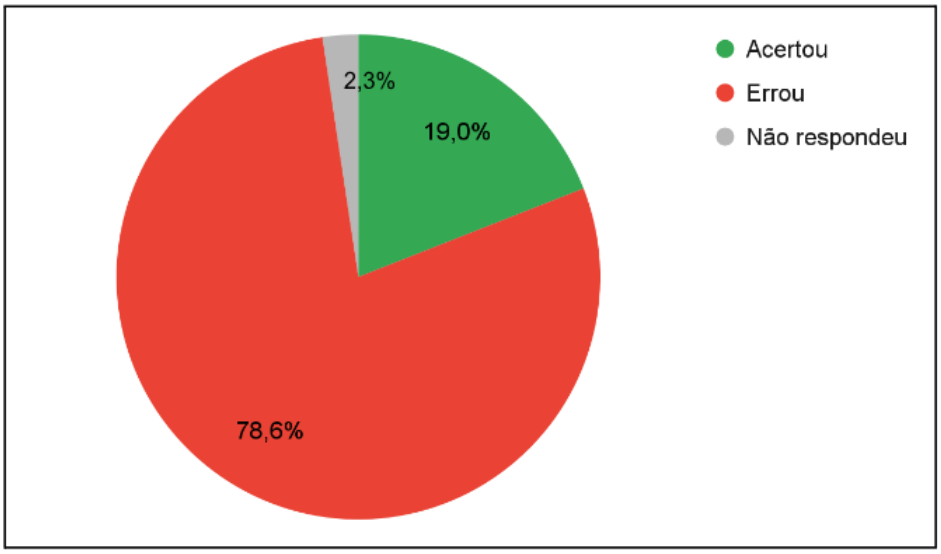

Fonte: O autor (2023).

Este resultado não é suficiente para concluirmos algo sobre a aprendizagem significativa ou mecânica, visto que podem ter ocorrido os seguintes eventos: existem alunos que acertaram usando o chute; existem aqueles que, em algum momento, se depararam com uma função quadrática e decoraram que se trata de uma função quadrática, por isso acertaram; ou ainda, há aqueles que têm o conceito de função quadrática claro, preciso, diferenciado e transferível em sua EC e, ao se deparar com a função dada, reconheceram imediatamente que se tratava de uma função quadrática.

Foi proposta uma questão dois, fechada, contendo os gráficos das cinco funções expressas na questão anterior que, por conveniência, têm em seus gráficos características que os fazem se assemelhar ao de uma função quadrática. Solicitou-se aos alunos que identificassem a opção na qual o gráfico pertencia à função quadrática escolhida na questão anterior. A questão tinha o objetivo de verificar se o aluno consegue reconhecer geometricamente uma função quadrática, analisando se eles têm um domínio claro, preciso e diferenciado desta função, propondo a eles que escolhessem entre ideias relacionadas, mas não idênticas.

Observe no gráfico da Figura 12 que, na questão dois, 19% (8 alunos) selecionaram o gráfico relativo à função quadrática, 78,6% (33 alunos) selecionaram o gráfico de outras funções e 2,3% (1 aluno) não responderam. A diminuição no percentual de acerto é um indicativo de que na primeira questão houve uma grande margem de chutes ou acertos derivados do reconhecimento de um conceito que estava isolado na EC do aluno. Vamos fazer uma análise mais detalhada a seguir.

Figura 12 – Respostas da questão 2.

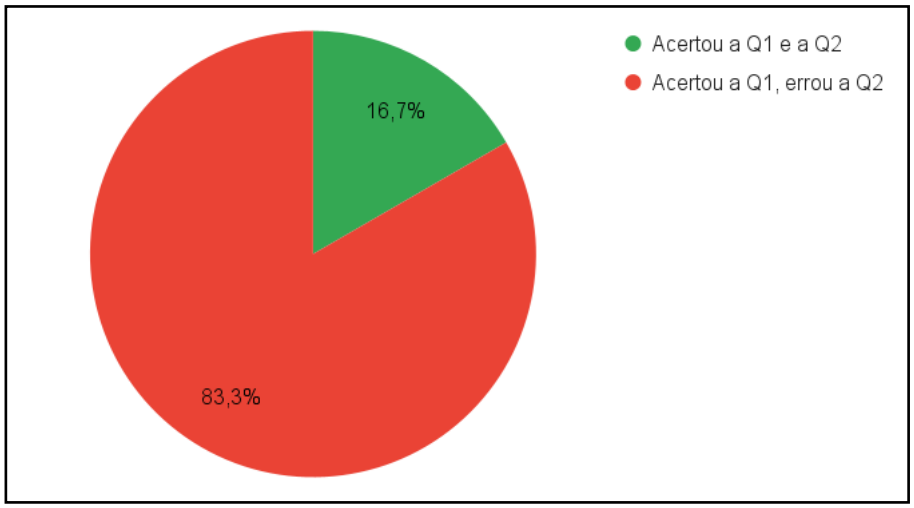



Fonte: O autor (2023).

Se o aluno reconhece a forma algébrica de uma função quadrática, mas não reconhece o gráfico, indica que a forma algébrica é um conhecimento isolado na EC dele e que a associação da forma algébrica foi puramente arbitrária, o que configura numa aprendizagem mecânica segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980).

Ao analisar as respostas dos alunos à questão dois, percebeu-se que cerca de 16,7% (7 alunos) acertaram as questões um e dois, e cerca de 83,3% (35 alunos) erraram, como está mostrado no gráfico da Figura 13. Podemos concluir que pelo menos 83,3% (35 alunos) aprenderam a forma algébrica expressa na questão um mecanicamente.

Figura 13 – Ocorrência 1.




Fonte: O autor (2023).

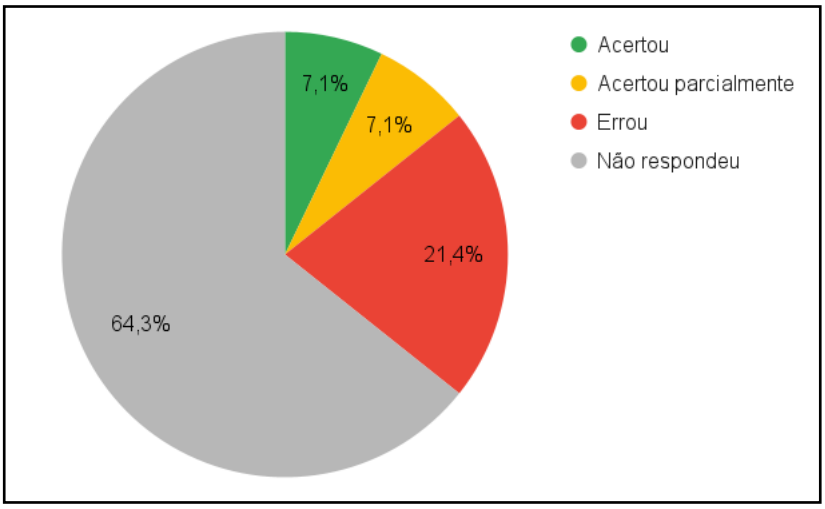
Temos que fazer mais algumas análises para podermos concluir se a aprendizagem dos

16,7% (7 alunos) foi significativa ou mecânica, visto que há alguns eventos a se considerar. Temos a probabilidade do aluno acertar as duas questões por chute, que é de 4%. Temos ainda a probabilidade de o aluno ter se deparado com a função quadrática da questão um em algum momento, ter decorado que ela é quadrática e ter decorado seu gráfico sem entender porque o gráfico pertence àquela função. Ou seja, a associação foi puramente arbitrária, o que configura numa aprendizagem mecânica segundo Ausubel; Novak e Hanesian (1980). Temos que eliminar esses casos, o que faremos na questão seguinte.

Foi proposta uma questão três, aberta, com alternativa a e b. Na alternativa a, foi solicitado que o aluno descrevesse os coeficientes da função escolhida na questão um. Essa foi uma alternativa preparatória para a alternativa b. Na alternativa b, foi solicitado que o aluno indicasse como aqueles coeficientes relacionavam a função escolhida ao gráfico escolhido. O objetivo foi avaliar se o aluno consegue reconhecer relações entre a forma algébrica e a forma geométrica de uma função quadrática.

Ao analisar as respostas dos alunos à questão três, percebeu-se que na alternativa a, cerca de 7,1% (3 alunos) acertaram, cerca de 7,1% (3 alunos) acertaram parcialmente, cerca de 21,4% (9 alunos) erraram, e cerca de 64,3% (27 alunos) não responderam, como está mostrado no gráfico da Figura 14.

Figura 14 – Respostas da questão 3A.

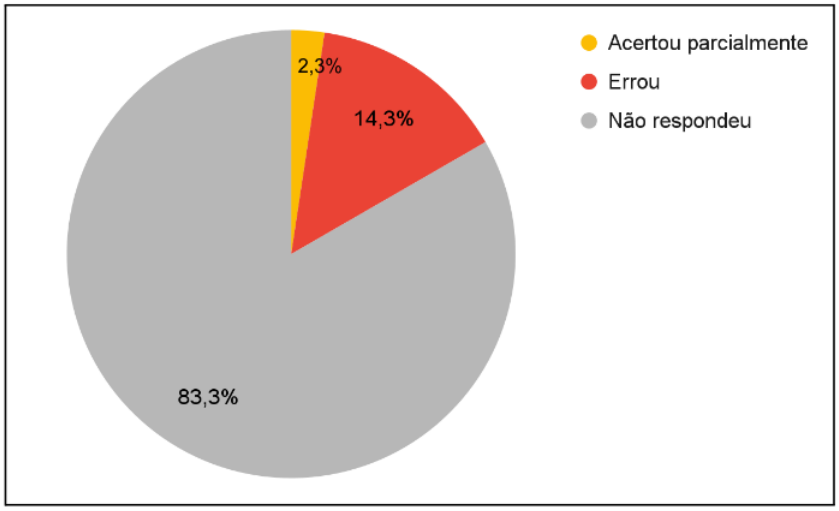



Fonte: O autor (2023).

Já na alternativa b, cerca de 2,3% (1 aluno) acertou parcialmente, cerca de 14,3% (6 alunos) erraram, e cerca de 83,3% (35 alunos) não responderam, como está mostrado no gráfico da Figura 15. O percentual de acerto é um indicativo de que na primeira e/ou na segunda questão houve uma grande margem de chutes ou acertos derivados do reconhecimento de conceitos que

estavam isolados na EC do aluno. Vamos fazer uma análise mais detalhada a seguir.

Figura 15 – Respostas da questão 3B.



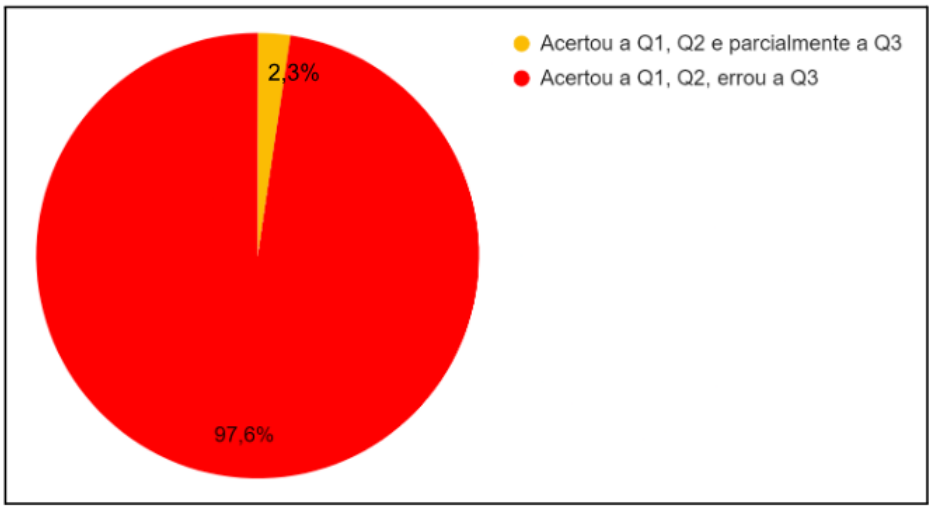

Fonte: O autor (2023).

Se o aluno reconhece a forma algébrica e o gráfico de uma função quadrática, mas não sabe o que relaciona esses dois elementos, isso indica que, ou ele chutou, ou se deparou com a função quadrática da questão um em algum momento, decorou que ela é quadrática e decorou seu gráfico, ou decorou que o gráfico de uma função quadrática é uma parábola, mas não entende por que o gráfico escolhido pertence àquela função. Ou seja, a associação foi puramente arbitrária e os dois conhecimentos estão isolados na EC dele, o que configura uma aprendizagem mecânica, segundo Ausubel; Novak e Hanesian (1980).

Para que o aluno consiga analisar como os coeficientes relacionam a função escolhida ao gráfico escolhido na alternativa b, ele precisa saber o que são coeficientes. Portanto, ele precisa responder à alternativa a. Neste caso, para nossas conclusões, temos que verificar os casos em que o aluno acertou as questões um, dois, e três a e b.

Ao analisar as respostas dos alunos à questão três, percebeu-se que cerca de 2,3% (1 aluno) acertou parcialmente a questão três e cerca de 97,6% (41 alunos) erraram ou não responderam, como está mostrado no gráfico da Figura 16.

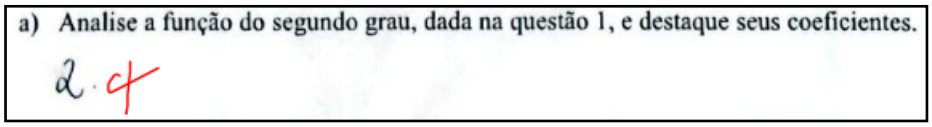
Figura 16 – Ocorrência 2.




Fonte: O autor (2023).

Analisemos a resposta dada pelo aluno que acertou parcialmente a questão três:

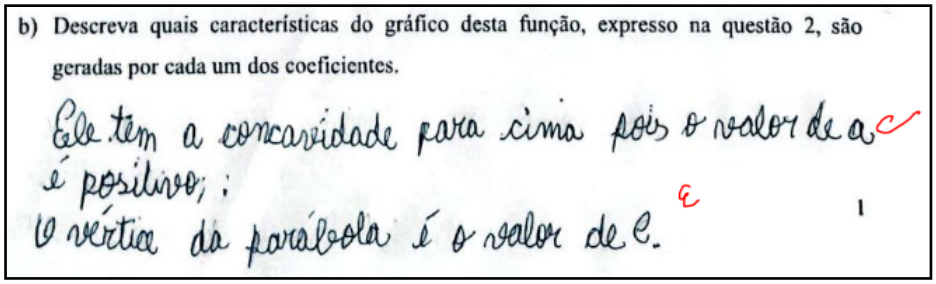
Figura 17 – Resposta do aluno a questão 3a.


a) Analise a função do segundo grau, dada na questão 1, e destaque seus coeficientes.

2. c

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Figura 18 – Resposta do aluno a questão 3b.

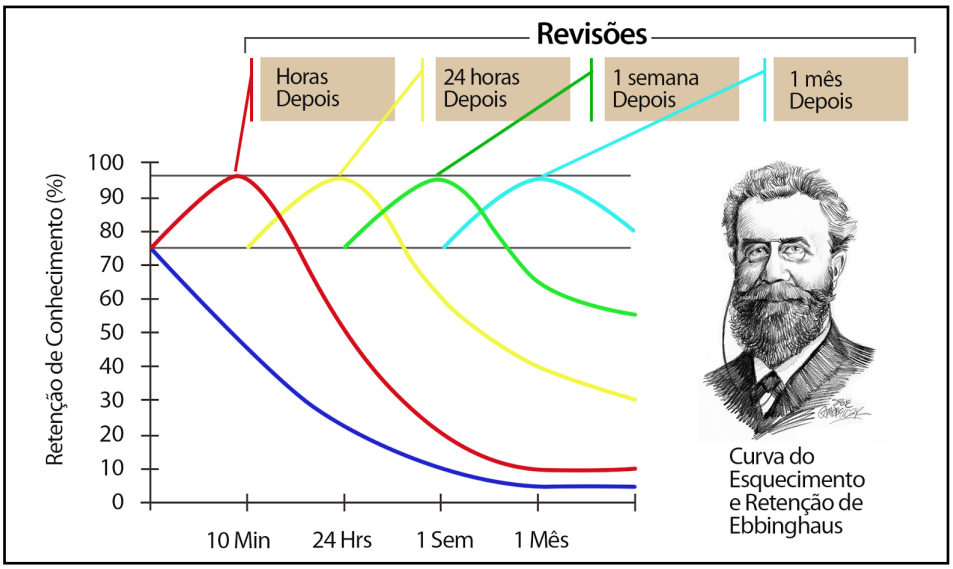

b) Descreva quais características do gráfico desta função, expresso na questão 2, são geradas por cada um dos coeficientes.

Ele tem a concavidade para cima pois o valor de a c é positivo; :
O vértice da parábola é o valor de c. c

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Devido ao tempo decorrido desde que ele viu o conteúdo, devemos considerar a Curva de Esquecimento de Ebbinghaus; Ruger e Bussenius (1913). Segundo os autores, há um rápido declínio da memória logo após a primeira recordação de um conceito aprendido, com uma diminuição da taxa de esquecimento até o ponto em que determinadas informações não são mais esquecidas. Com o tempo decorrido, possivelmente o aluno esqueceu parcialmente algumas informações sobre o conceito.

Figura 19 – Exemplo de Curva de Esquecimento.




Fonte: Granjeiro (2020).

Feitas essas considerações, podemos concluir que, além dos 83,3% (35 alunos) que tiveram uma aprendizagem mecânica, conforme concluímos na análise do gráfico da Figura 13, pelo menos este aluno teve uma aprendizagem significativa.

Foi proposta uma questão quatro, fechada, contendo cinco situações reais que podem ser modeladas com funções. Solicitou-se aos alunos que identificassem a opção na qual a situação se relacionava com conceitos de função quadrática. Intencionalmente, o conceito presente na questão era uma parábola. O objetivo da questão era verificar se o aluno conseguia identificar a relação entre funções quadráticas em suas diferentes formas e situações reais, ou seja, se eles conseguiam transferir os significados de função quadrática para o mundo real.

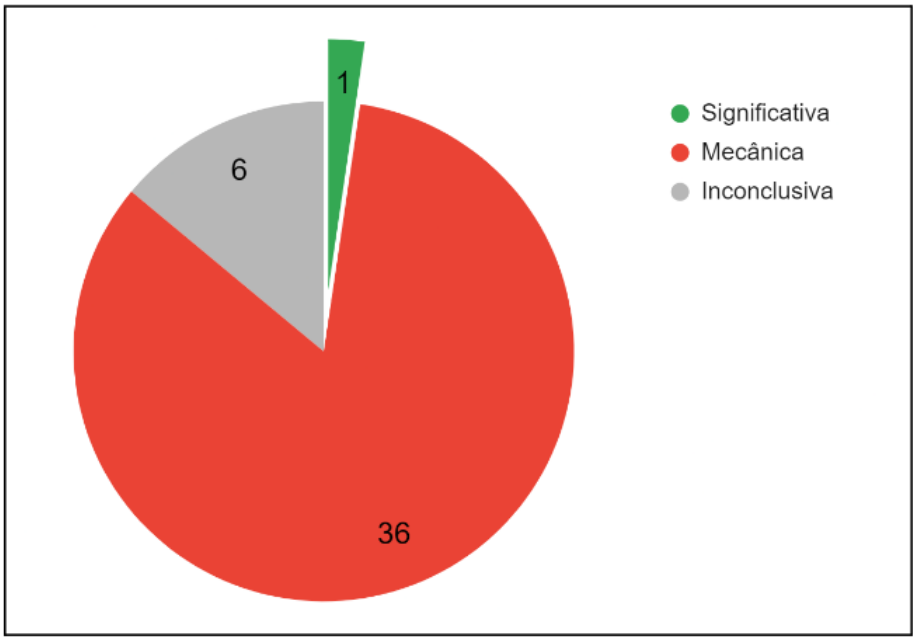
Percebeu-se que a questão não contribuía com dados satisfatórios que proporcionassem mais conclusões, visto que podem ocorrer três situações: Se os trinta e cinco alunos que concluiu-se que tiveram uma aprendizagem mecânica acertarem a questão quatro, será mais um conhecimento isolado na EC deles, o que não altera a conclusão inicial. Se o aluno que concluiu-se que teve uma aprendizagem significativa acertar ou errar a questão quatro, isso não altera o fato de que ele teve uma aprendizagem significativa dos conhecimentos já observados.

O teste nos forneceu mais dois casos. Em um, seis alunos reconheceram a forma algébrica, a forma geométrica e a situação real. No outro, um aluno reconheceu apenas a forma geométrica e a situação real. Observamos que ambos os casos são inconclusivos: se o aluno reconheceu a forma algébrica e reconhece a situação real, não podemos concluir nada. Porém, se o aluno reconhece que a forma algébrica da função quadrática é uma parábola e reconheceu este conceito

na situação real, três coisas podem ter acontecido: ou ele fez uma associação significativa, ou ele chutou, ou já se deparou com aquela situação em algum momento e decorou que se trata de uma função quadrática, tornando o caso inconclusivo.

Por fim, chegamos a conclusão de que um aluno teve a aprendizagem significativa, trinta e seis alunos tiveram a aprendizagem mecânica e seis alunos tiveram uma aprendizagem inconclusiva.

Figura 20 – Conclusão da análise dos questionários.




Fonte: O autor (2023).

Com base na análise dos resultados do teste de verificação de aprendizagem, concluímos que a maioria dos alunos demonstrou uma compreensão mecânica dos conceitos de função quadrática. Embora uma parcela significativa tenha sido capaz de reconhecer corretamente a forma algébrica de uma função quadrática, a maioria falhou em identificar corretamente o gráfico correspondente e em compreender como os coeficientes influenciam no comportamento do gráfico. Além disso, poucos alunos foram capazes de relacionar a forma algébrica e o gráfico da função quadrática, evidenciando uma compreensão superficial e isolada dos conceitos. A análise detalhada das respostas indica que apenas um aluno demonstrou uma aprendizagem significativa, enquanto a grande maioria apresentou uma aprendizagem mecânica.

## 5.2 ANÁLISE DA ENTREVISTA

No dia 16 de fevereiro de 2024, foi realizada uma entrevista com o professor de matemática da turma. A entrevista foi conduzida utilizando um gravador de áudio. O objetivo da entrevista foi mapear, agora com o apoio da interpretação do professor, elementos que contribuíssem para responder às questões de pesquisa deste trabalho e, assim, nos aproximarmos da resposta do problema de pesquisa e da verificação da hipótese.

Inicialmente, foram feitas perguntas cujas respostas buscaram abordar a pergunta de pesquisa: Em que nível os alunos demonstram uma compreensão mecânica durante a exposição do conteúdo pelo professor? Essa pergunta teve seu foco no momento de transposição da informação, do professor para o aluno.

Questionou-se ao professor se os alunos davam feedback durante a exposição do conteúdo de funções quadráticas. Ele afirmou que sim, porém poucos alunos participavam ativamente. O professor relatou que a base de função da turma, ao iniciar o assunto de função quadrática, era baixa. Para lidar com isso, ele realizou o que chamou de trabalho de base, visando nivelar os alunos e prepará-los para o conteúdo de função quadrática. Mesmo após o nivelamento, muitos alunos ainda não compreendiam bem o conteúdo.

Foi feita uma pergunta ao professor com o objetivo de recordar sinais, detalhes, comentários e perguntas dos alunos que caracterizaram o tipo de compreensão que eles estavam tendo. Esse tipo de compreensão se refere à compreensão significativa e mecânica. Ele respondeu que "eles só queriam saber se, agindo daquela forma e aplicando os símbolos daquela maneira, chegariam à resposta final, mas sem entender o processo."Essa resposta do professor indica que tais alunos estavam buscando memorizar e reproduzir passos, mnemônicos e regras, sem se importar com qualquer associação significativa. Eles não estavam interessados em compreender a origem ou a razão por trás desses passos, nem como esses passos se relacionavam com outros conceitos.

Foi perguntado ao professor se, nos feedbacks, os alunos demonstravam compreender melhor as relações entre os elementos do conteúdo exposto ou se estavam apenas decorando os elementos, como fórmulas, gráficos e definições. O objetivo era investigar em que medida estava ocorrendo a ancoragem dos conceitos aprendidos nos conceitos presentes na EC dos alunos, indicando assim uma compreensão significativa, e em que medida os conceitos estavam sendo decorados isoladamente, ou seja, sem associações, indicando uma compreensão mecânica. Ele destacou que os feedbacks indicavam predominantemente uma compreensão mecânica ao citar

que "a maioria só decorava".

Foi perguntado ao professor quantos por cento da turma conseguia identificar os coeficientes, ele respondeu de forma intuitiva 60%. Foi perguntado quantos por cento demonstrava entender como estes coeficientes influenciam no comportamento do gráfico, ele respondeu 20%. Foi perguntado quantos por cento da turma conseguia interpretar um problema real que envolvia função quadrática, ele respondeu os mesmos 25%, ou seja, para a maioria, o conceito de coeficiente, gráfico da função e/ou as suas aplicações estavam isolados na EC da maioria dos alunos.

Com base nas respostas do professor, é possível concluir que a compreensão mecânica predominava entre os alunos durante a exposição do conteúdo de funções quadráticas. A maioria dos alunos demonstrava preocupação apenas com a aplicação correta de fórmulas e passos, sem compreender o processo subjacente. Os feedbacks indicaram que a compreensão significativa, baseada em associações e relações entre os elementos do conteúdo, era rara, enquanto a memorização isolada prevalecia. O baixo percentual de alunos capazes de identificar coeficientes, compreender suas influências nos gráficos e interpretar problemas reais mostra que os conceitos estavam desconectados na EC dos alunos, evidenciando uma compreensão mecânica.

Por seguinte, foram feitas perguntas às quais buscaram responder a pergunta de pesquisa: Em que nível os alunos demonstram um aprendizado significativo ou mecânico após estudo individual posterior à exposição do conteúdo pelo professor? Essa pergunta teve seu foco voltado para o momento de treino da informação transmitida pelo professor.

A primeira pergunta foi quantos por cento da turma apenas demonstrava seguir um conjunto de passos ou regras decoradas. Ela foi elaborada com o objetivo de investigar em que medida os alunos decoraram e replicam passos de solução de problemas de função quadrática, sem compreensão dos motivos que possibilitam àqueles passos. O professor respondeu intuitivamente 75%.

Foi perguntado ao professor se algum aluno, ao resolver um mesmo problema, ou um parecido, utilizou estratégias diferentes, ele respondeu que muito poucos. Foi perguntado quantos, mais ou menos, ele nos dá uma estimativa mais precisa, “três alunos”. O professor ainda indica que as associações significativas feitas por esses alunos não eram momentâneas, mas em todo o momento durante o ano eles demonstraram estar aprendendo de forma significativa.

O objetivo da pergunta foi investigar em que medida há alunos que fogem de padrões decorados, mnemônicos, refletem sobre o problema e o que aprenderam e criam soluções

diversificadas, indicando que o aluno detém domínio sobre a lógica por trás de cada etapa da resolução, e as usa como lhe convém, isso porque ele estabeleceu associações significativas na sua EC, indicando assim uma aprendizagem significativa.

Com essas informações, concluímos que o aprendizado mecânico, em comparação ao significativo, era predominante no exercício dos conceitos ensinados pelo professor em sala de aula. A maioria dos alunos demonstrou seguir um conjunto de passos ou regras decoradas (75%), indicando uma abordagem mais superficial e memorística na resolução de problemas de função quadrática. Embora houvesse uma minoria (aproximadamente 3 alunos) que utilizasse estratégias diferentes, refletindo sobre os problemas e demonstrando um domínio mais profundo dos conceitos, essa representação significativa de aprendizado não foi observada em grande escala.

Por fim, foram feitas perguntas às quais buscaram responder a pergunta de pesquisa: Qual é a diferença de desempenho entre alunos que demonstraram fazer o estudo de funções quadráticas de maneira mecânica e aqueles que demonstraram fazer de maneira significativa? Agora, temos o foco voltado para a comparação dos dois grupos em busca de decidir qual o método de aprendizagem se mostra mais proveitoso.

A primeira pergunta foi como o professor classifica a aprendizagem dos alunos que demonstram seguir um passo a passo na hora de produzir suas soluções. A resposta do professor indicou que os alunos que aprenderam mecanicamente tinham desempenho insatisfatório ao falar que "[...] quando você colocava problemas que cabiam uma interpretação, então eles deixavam a desejar." A segunda pergunta foi como ele classificaria a aprendizagem de alunos com posturas menos padronizadas na hora de produzir suas soluções. A resposta do professor indica que os alunos que aprenderam significativamente tiveram um desempenho satisfatório ao falar que "Existiam aqueles alunos que conseguiam se desenvolver e desenrolar, independente de fórmulas [...]".

Foi perguntado se os alunos que costumavam usar soluções menos padronizadas conseguiam resolver problemas mais complexos e/ou problemas reais com facilidade. O objetivo desta pergunta é verificar o desempenho dos alunos que produziam suas respostas de acordo com o que sabiam do conteúdo sem o uso de passos decorados quando estes eram colocados para resolver problemas que exigem reflexão mais aprofundada e/ou interpretação da situação. A resposta do professor indicou que os alunos que aprenderam significativamente tiveram um resultado satisfatório ao dizer que "esses já eram um pouco mais independentes, independentes de fórmulas e do acompanhamento do professor."

Foi perguntado se os alunos que costumavam usar soluções menos padronizadas conseguiam resolver problemas mais complexos e/ou problemas reais com facilidade. O objetivo desta pergunta é verificar o desempenho dos alunos que produziam suas respostas de acordo com o que sabiam do conteúdo sem o uso de passos decorados quando estes eram colocados para resolver problemas que exigem reflexão mais aprofundada e/ou interpretação da situação. A resposta do professor indicou que os alunos que aprenderam significativamente tiveram um resultado suficiente ao dizer que "esses já eram um pouco mais independentes, independentes de fórmulas e do acompanhamento do professor."

Com base nas respostas do professor e na comparação entre os dois grupos de alunos - aqueles que abordam o estudo de funções quadráticas de maneira mecânica e aqueles que o fazem de maneira significativa - é possível concluir que a abordagem significativa para a aprendizagem demonstra vantagens em relação à abordagem mecânica.

Os alunos que aprenderam de maneira significativa mostraram-se capazes de lidar com problemas que demandam interpretação e reflexão mais profunda, demonstrando um desempenho satisfatório nesses contextos. Por outro lado, os alunos que seguiram uma abordagem mecânica enfrentaram dificuldades quando confrontados com problemas que exigiam mais autonomia e criatividade na resolução.

Além disso, os alunos que adotaram uma abordagem significativa foram descritos como mais independentes e capazes de se desenvolverem mesmo sem o uso de fórmulas padronizadas ou orientação constante do professor. Isso sugere que a aprendizagem significativa promove um entendimento mais profundo do conteúdo, permitindo aos alunos uma aplicação mais flexível e contextualizada do conhecimento adquirido.

## 5.3 CONFRONTO ENTRE O QUESTIONÁRIO E A ENTREVISTA

Para confrontar os resultados obtidos nos questionários com as informações da entrevista, vamos analisar os pontos em comum e as diferenças entre as duas fontes de dados. Em relação à compreensão mecânica e significativa, a análise dos resultados do questionário indicou que a maioria dos alunos demonstrou uma compreensão mecânica dos conceitos de função quadrática, com poucos demonstrando uma aprendizagem significativa. Além disso, o professor relatou que a maioria dos alunos seguia um conjunto de passos ou regras decoradas, indicando uma abordagem mecânica para a resolução de problemas. No entanto, uma minoria de alunos utilizava estratégias diferentes, refletindo sobre os problemas e demonstrando um domínio mais profundo

dos conceitos.

As respostas do questionário indicaram que poucos alunos demonstraram compreensão dos coeficientes e sua influência nos gráficos, assim como na interpretação de problemas reais. Além disso, o professor relatou que os feedbacks indicaram que a maioria dos alunos apenas decorava as informações, sem compreender completamente os conceitos. Apenas uma minoria dos alunos conseguia identificar os coeficientes, entender sua influência nos gráficos e interpretar problemas reais.

Os resultados do questionário confirmam que os alunos que aprendem de maneira mecânica enfrentam dificuldades ao resolver problemas mais complexos e/ou situações reais em comparação com os que aprendem de maneira significativa. Da mesma forma, os resultados da entrevista evidenciam que os alunos que aprenderam de maneira significativa demonstram um bom desempenho em resolver problemas mais complexos e/ou relativos a situações reais, fazendo isso de forma independente e eficaz. Em contrapartida, os que aprendem de maneira mecânica demonstram um baixo desempenho e necessitam de auxílio para resolver problemas mais complexos e/ou relativos a situações reais.

# 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando iniciou-se este trabalho, constatou-se que nossas escolhas são frequentemente influenciadas por desejos e deveres, e muitas vezes cedemos à pressão social, tornando-nos passivos e imitando os outros por medo da rejeição. No entanto, a BNCC destaca a importância de ser ativo, reconhecendo-se no contexto cultural, comunicando-se e sendo analítico-crítico.

Rollo May enfatiza a necessidade de atribuir significados aos objetos para tomarmos partido em nossas decisões, enquanto Ausubel destaca a importância da aprendizagem significativa na formação de uma estrutura cognitiva profunda. Por isso, tornou-se importante estudar a ocorrência de aprendizagem significativa e mecânica no estudo do conceito de funções quadráticas no primeiro ano do ensino médio, um conteúdo que proporciona ao aluno habilidades para sua atuação ativa na tomada de decisões sobre o mundo que o rodeia.

Diante disso, o objetivo geral da pesquisa foi investigar o processo de aprendizagem de alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola em uma cidade circunvizinha de Arapiraca - AL no estudo de funções quadráticas.

Constatou-se que o objetivo geral foi atendido, pois o trabalho conseguiu caracterizar os processos de aprendizagem significativa e mecânica, bem como os significados presentes no conceito de função quadrática, a partir de uma investigação da bibliografia existente. Além disso, determinou-se a frequência com que os alunos fazem o uso do método de aprendizagem significativa e do método de aprendizagem mecânica no estudo do conceito de funções quadráticas, verificando-se a prevalência do método de aprendizagem mecânica.

Identificaram-se as implicações da prevalência da aprendizagem mecânica ou significativa no estudo de funções quadráticas sobre o desempenho escolar e o desenvolvimento das habilidades de resolução de problemas, constatando-se que os alunos que aprendiam de maneira mecânica enfrentavam dificuldades ao resolver problemas mais complexos e/ou situações reais em comparação com aqueles que aprendiam de maneira significativa.

A pesquisa partiu da hipótese de que predomina a ocorrência da aprendizagem mecânica em contraste com a aprendizagem significativa entre os alunos do primeiro ano do ensino médio da escola investigada ao estudarem o conceito de funções quadráticas e ainda que isso promove um baixo desempenho no desenvolvimento escolar do aluno e no desenvolvimento de habilidades com a resolução de problemas necessário para a contribuição deste no desenvolvimento social. Como verificou-se no parágrafo anterior, fez-se o teste da hipótese e ela foi confirmada.

A pergunta de pesquisa foi: Em que nível há a ocorrência de aprendizagem significativa

em comparação com a mecânica no estudo do conceito de funções quadráticas por parte dos alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola situada em uma cidade circuvizinha de Arapiraca - AL?

Os resultados da pesquisa demonstraram que houve uma mínima ocorrência de aprendizagem significativa em comparação com a mecânica. Entre 2% e 7% da turma demonstrou uma aprendizagem significativa, utilizando estratégias diferentes e refletindo sobre os problemas, o que os torna capazes de lidar com problemas mais complexos e situações reais de maneira mais eficaz.

Foi realizada uma pesquisa de natureza exploratória com abordagem qualitativa, utilizando o método hipotético-dedutivo. Foi aplicado questionário aos alunos para medir o nível de aprendizagem significativa e mecânica do conceito de função quadrática, meses após a ministração do conteúdo. Uma entrevista semiestruturada foi conduzida com o professor da turma para explorar suas percepções sobre a compreensão conceitual dos alunos durante a exposição do conteúdo e nas devolutivas dos exercícios de casa, visando avaliar a retenção do conhecimento e a profundidade da aprendizagem.

Algumas limitações apresentadas nessa pesquisa foram: Foi disponibilizada apenas uma das duas salas da escola para a aplicação da pesquisa, o que não permitiu que a pesquisa tivesse uma abrangência maior, gerando assim resultados representativos da cidade, visto que na cidade só tem essa escola de ensino médio.

Outra limitação foi a do tempo, visto que o prazo de entrega da pesquisa não permitiu que fossem feitas duas pesquisas, uma no momento em que o professor finalizasse o trabalho com o conteúdo de função quadrática, para avaliar o tipo de aprendizado que os alunos tiveram, e uma meses após, para avaliar o nível de retenção do conteúdo, que quando é aprendido de forma significativa diminuição da taxa de esquecimento após um tempo decorrido em que o aluno viu o conteúdo.

# REFERÊNCIAS


AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BELLO, J. L. de P. **Metodologia científica**. Rio de Janeiro: [*s.n.*], 2004. Disponível em: http://www.pedagogiaemfoco.pro.br/met01.htm. Acesso em: 28 set. 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.

CARAÇA, B. de J. **Conceitos fundamentais da matemática**. 1. ed. Lisboa, PO: Gradiva, 1951.

EBBINGHAUS, H.; RUGER, H. A.; BUSSENIUS, C. E. **Memory:** a contribution to experimental psychology. New York: Teachers College, Columbia University, 1913.

GOODE, W. J.; HATT, P. K. **Método em pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1977.

GRANJEIRO, G. Desmontando a curva do esquecimento. **Gran Cursos**. Brasília, DF: 23 jan. 2020. Disponível em: https://blog.grancursosonline.com.br/desmontando-curva-do-esquecimento/. Acesso em: 20 fev. 2024.

IEZZI, G.; MURAKAMI, C. **Fundamentos de matemática elementar**. São Paulo: Atual, 1977.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa:** a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

PAIVA, M. R. **Matemática Paiva**. São Paulo: Moderna, 2015.

SILVA, A. M. da. **Metodologia da pesquisa**. 2. ed. Fortaleza, CE: EDUECE, 2015.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia da pesquisa**. 2. ed. Florianópolis, SC: SEAD/UFSC, 2006.

# APÊNDICE A – QUESTÕES PARA O TESTE DE APRENDIZAGEM

| QUESTÃO | DESCRIÇÃO |
|---|---|
| 1 - Marque a função quadrática.<br>a) $f(x) = -x + 2$<br>b) $g(x) = -x^2 + 2$<br>c) $h(x) = -2^x + 2$<br>d) $j(x) = -x^3 + 2$ | A questão tinha o objetivo de verificar se os alunos conseguem reconhecer algebricamente uma função quadrática, analisando se eles têm o domínio de significados claros, precisos, diferenciados desta função ao propor a eles que escolhessem entre ideias relacionadas, mas não idênticas.<br>(1) Se o aluno acertar, temos os seguintes casos:<br>- O aluno chutou;<br>- O aluno se deparou com função quadrática dada em algum momento e decorou que ela se trata de uma função quadrática;<br>- O aluno decorou a forma algébrica geral de uma função quadrática, por isso ele consegue reconhecer qualquer função quadrática apresentada a ele em sua forma reduzida; e<br>- O aluno têm o domínio de significados claros, precisos, diferenciados de uma função quadrática;<br>(2) Se o aluno errar, ele não tem a habilidade de reconhecer uma função do segundo grau em sua forma algébrica, e com isso ele demonstra não ter domínio de significados claros e precisos do conceito, indicando assim que ele teve uma aprendizagem com pouca ou nenhuma associação de conceitos a sua EC, ou seja, uma aprendizagem mecânica |

| | |
|---|---|
| 2 - Qual dos gráficos a seguir pertence a função quadrática escolhida?<br>a) Gráfico de $f$<br>b) Gráfico de $g$<br>c) Gráfico de $h$<br>d) Gráfico de $i$<br>e) Gráfico de $j$ | O objetivo é verificar se o aluno consegue reconhecer geometricamente uma função quadrática, analisando se eles têm o domínio de significados claros, precisos, diferenciados desta função.<br>(1) Se o aluno acertar, temos os seguinte casos:<br>- O aluno chutou;<br>- O aluno se deparou com o gráfico da função quadrática dada em algum momento e decorou que se trata de uma função quadrática ou decorou que ele pertence a função dada;<br>- O aluno têm o domínio de significados claros, precisos, diferenciados de uma função quadrática;<br>(2) Se o aluno errar, ele não consegue reconhecer uma função quadrática em sua forma geométrica, não têm o domínio de significados claros, precisos, diferenciados desta função, indicando assim que ele teve uma aprendizagem com pouca ou nenhuma associação de conceitos a sua EC, ou seja, uma aprendizagem mecânica. |

| | |
|---|---|
| 3 - Analisando a função do segundo grau dada na questão 1, destaque seus coeficientes, em seguida indique no gráfico dela, dado na questão 2, quais características dele são geradas por cada um dos coeficientes. | O objetivo desta questão é avaliar se o aluno consegue reconhecer relações entre a forma algébrica e a forma geométrica de uma função quadrática.<br>(1) Se o aluno chutou as questões um e dois, ele não saberá responder esta questão, indicando assim que ele teve uma aprendizagem com pouca ou nenhuma associação de conceitos a sua EC, ou seja, uma aprendizagem mecânica; e<br>(2) Se o aluno decorou as formas algébrica e geométrica da função dada de forma isolada e/ou se ele tiver apenas decorado a forma geral de uma função quadrática na sua forma reduzida e que o gráfico de uma função quadrática é uma parábola, ele não vai conseguir resolver a questão três, indicando assim que ele teve uma aprendizagem com pouca ou nenhuma associação de conceitos a sua EC, ou seja, uma aprendizagem mecânica.<br>O aluno precisará entender o conceito de coeficiente, ter conseguido relacionar corretamente a expressão algébrica da função quadrática na questão um com seu gráfico na questão dois e saber a relação de cada coeficiente com o gráfico da função para responder esta questão, o que indica que houve uma aprendizagem significativa dos conceitos. |
| 4 - Identifique qual das alternativas a seguir descrevem uma situação onde ocorre o uso do conceito de função quadrática.<br>a) O formato da trajetória de uma bola arremessada para o ar e caindo de volta ao chão.<br>b) A relação entre o custo fixo de produção e a quantidade produzida de um bem.<br>c) O crescimento de uma população ao longo do tempo.<br>d) A relação entre a distância percorrida por um objeto em queda livre e o tempo.<br>e) A relação entre a área de um quadrado e o comprimento do lado desse quadrado. | O objetivo é verificar se o aluno consegue identificar a relação entre funções quadráticas nas suas diferentes formas e situação real, ou seja, se eles conseguem transferir os significados de função quadrática para o mundo real. |

Fonte: O autor (2023).

# APÊNDICE B – PERGUNTAS PARA A ENTREVISTA

| PERGUNTA | DESCRIÇÃO |
|---|---|
| **1. Caracterização do professor** | |
| 1.1 Nome completo? | Esta pergunta visa permitir que eu me direcione corretamente ao professor durante a entrevista. |
| 1.2 Formação acadêmica? | Esta, qual é o grau acadêmico do professor (licenciatura, mestrado, doutorado) e em que área específica da matemática. |
| 1.3 Cargo ou posição? | Esta quer saber qual é a posição atual do professor na instituição de ensino, se exerce posição relativa a seu título. |
| 1.4 Tempo de experiência? | Esta quer saber se ele já trabalhou em outras escolas ou instituições e a quanto tempo ele ministra o conteúdo de funções quadráticas. |
| **2. Em que medida os alunos demonstram uma compreensão significativa ou mecânica durante a exposição do conteúdo?** | |
| 2.1 Durante a exposição do conteúdo, os alunos eram participativos com perguntas e questionamentos? | O objetivo dessa questão é investigar se os alunos davam feedback ao professor para que assim possamos explorar as qualidades dos feedbacks nas perguntas seguintes. Caso o professor responda não, pule para a questão 2.4. |
| 2.2 Cite alguns sinais que indicaram que o aluno estava compreendendo as relações que existem entre os conceitos apresentados e sinais que indicaram que o aluno estava apenas decorando. | Essa pergunta é preparatória para a pergunta seguinte. Ela objetiva levar o professor a pensar em detalhes que ele percebia nos comentários e perguntas dos alunos que caracterizaram o tipo de compreensão que eles estavam tendo, para que assim ele conseguisse estabelecer uma estimativa de quantos estavam compreendendo significativamente e de quantos estavam compreendendo mecanicamente. |
| 2.3 Nos feedbacks, os alunos demonstraram mais compreender as relações entre os elementos do conteúdo exposto, demonstraram mais ter decorado os elementos, como fórmulas, gráficos, definições ou meio a meio? | Esta pergunta tem o objetivo de investigar, segundo as visão do professor, em que medida os feedbacks dos alunos mostravam que eles entenderam as relações entre os conceitos abordado, ou seja, em que medida estava ocorrendo a ancoragem dos os conceitos aprendidos nos conceito presentes na EC deles, significando assim uma compreensão significativa, e em que medida os conceitos estavam sendo decorados isoladamente, ou seja, se acomodando com pouca ou nenhuma associação, significando uma compreensão mecânica. |

| | |
|---|---|
| 2.4 Mais ou menos quanto por cento da turma conseguia identificar os coeficientes de uma função quadrática? | Esta pergunta é preparatória para a seguinte. |
| 2.5 Mais ou menos quanto por cento deles demonstrava entender como estes coeficientes influenciam no comportamento do gráfico? | Esta pergunta objetiva investigar, na visão do professor, em que medida os alunos conseguem reconhecer as relações entre a forma algébrica e a forma geométrica de uma função quadrática. |
| 2.6 Mais ou menos quanto por cento da turma conseguia interpretar um problema real que envolvia função quadrática? | Esta pergunta objetiva investigar, na visão do professor, em que medida eles conseguem identificar a relação entre situações reais e funções quadráticas nas suas diferentes formas. |
| 2.7 Mais ou menos quanto por cento da turma conseguia pensar em um evento do mundo real que tem o comportamento gerado por uma função quadrática. | Esta pergunta objetiva investigar, na visão do professor, em que medida eles conseguem identificar a relação entre funções quadráticas nas suas diferentes formas e situações reais. |
| **3. Em que medida os alunos demonstram um aprendizado significativo ou mecânico após estudo individual posterior a exposição do conteúdo pelo professor?** | |
| 3.1 Ao resolver problemas de funções quadráticas, quanto por cento da turma apenas demonstrava seguir um conjunto de passos ou regras decoradas sem tentar descrever e explicar suas soluções? | O objetivo desta pergunta é investigar em que medida os alunos decoraram e replicam passos de solução de problemas de função quadrática, sem compreensão dos motivos que possibilitam àqueles passo, indica assim uma aprendizagem sem associações significativas, ou seja, aprendizagem mecânica, e em que medida, eles, mesmo fazendo uso de passos, explicaram a motivação deste uso, fazem comentários, ou dinamizam as soluções, indicando que eles aprenderam o significado por trás de cada elemento do conceito, a lógica por trás dos passos dados, indicando que a aprendizagem foi significativa. |
| 3.2 Algum aluno, ao resolver um mesmo problema, ou um parecido, utilizou estratégias diferentes? | Essa questão é um preparatório para a questão seguinte. O objetivo dela é investigar em que medida há alunos que fogem de padrões decorados, mnemônicos, refletem sobre o problema e o que aprenderam e criam soluções. Isso é um indicativo de que o aluno detém domínio sobre a lógica por trás de cada etapa da resolução, e as usa como lhe convém, isso porque ele estabeleceu associações significativas na sua EC, indicando assim uma aprendizagem significativa. |

| | |
|---|---|
| 3.3 Com quantos alunos, mais ou menos, isso acontece? Você pode estabelecer uma média da turma ou uma porcentagem? | O objetivo desta pergunta é estabelecer uma estimativa de quantos alunos usam do artifício da pergunta anterior. |
| 3.4 Com que frequência você percebeu ocorrências como essa? | O objetivo desta pergunta é estabelecer uma estimativa da recorrência que o aluno fazia o uso do artifício, permitindo assim concluirmos o que ocorre o fato observado. |
| **4. Quais são as diferenças de desempenho entre alunos que abordam o estudo de funções quadráticas de maneira mecânica e aqueles que o fazem de maneira significativa?** | |
| 4.1 Como você classifica a aprendizagem dos alunos que demonstram seguir um passo a passo? | O objetivo desta pergunta é avaliar, de forma mais geral, na perspectiva do professor, qual o desempenho dos alunos que seguiam um estudo mecânico. |
| 4.2 Como você classificaria a aprendizagem de alunos com posturas menos padronizadas na hora de produzir suas soluções. | O objetivo desta pergunta é avaliar, de forma mais geral, na perspectiva do professor, qual o desempenho dos alunos que seguiam um estudo significativo. |
| 4.3 Os alunos que costumavam seguir um passo a passo conseguiam resolver problemas mais complexos e/ou problemas reais com facilidade? | O objetivo desta pergunta é direcionar mais o foco da pergunta ao verificar o desempenho dos alunos que seguiam passos mecânicos quando eram colocados para resolver problemas que exigem reflexão mais aprofundada e/ou interpretação da situação. |
| 4.4 Os alunos que costumavam usar soluções menos padronizadas conseguiam resolver problemas mais complexos e/ou problemas reais com facilidade? | O objetivo desta pergunta é verificar o desempenho dos alunos que produziam suas respostas de acordo com o que sabiam do conteúdo sem o uso de passos decorados quando estes eram colocados para resolver problemas que exigem reflexão mais aprofundada e/ou interpretação da situação. |
| 4.5 Os alunos que costumavam variar a solução dos problemas semelhantes conseguiam resolver problemas mais complexos e/ou problemas reais com facilidade? | O objetivo desta pergunta é verificar o desempenho dos alunos que produziam suas respostas de acordo com o que sabiam do conteúdo sem o uso de passos decorados quando estes eram colocados para resolver problemas que exigem reflexão mais aprofundada e/ou interpretação da situação. |
| 4.6 Após um período de tempo, por exemplo, alguns meses, qual grupo de alunos que demonstrava uma taxa de esquecimento maior, os que seguiam um conjunto de passos pré definido ou os que variavam nas suas respostas. | O objetivo desta pergunta é avaliar o nível de retenção do conteúdo por alunos que utilizam métodos de aprendizagem mecânicos e os que usam métodos de aprendizagem significativos. |

Fonte: O autor (2023).

# APÊNDICE C – TERMO DE COSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

**a) Justificativa e Objetivo da Pesquisa**

A presente pesquisa é de responsabilidade do aluno Antônio Dantas Filho e está sendo desenvolvida como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Matemática na Universidade Federal de Alagoas (UFAL) - Campus Arapiraca.

O objetivo da presente pesquisa é investigar o processo de aprendizagem dos alunos do primeiro ano do ensino médio no estudo de funções quadráticas, com o propósito de identificar a prevalência da aprendizagem significativa em comparação com a aprendizagem mecânica e implicações.

Para isso será analisado o nível de compreensão dos alunos do primeiro ano do ensino médio em relação ao conceito de funções quadráticas; caracterizar-se-á os processos de aprendizagem significativa e mecânica, destacando as teorias e modelos relevantes para a análise dos dados coletados; ainda será determinada a frequência em que os alunos aplicaram o método de aprendizagem significativa ou mecânica no estudo de funções quadráticas; por fim, se identificará implicações da prevalência da aprendizagem mecânica ou significativa no estudo de funções quadráticas, especialmente em relação ao desempenho acadêmico e ao desenvolvimento das habilidades de resolução de problemas.

**b) Procedimentos da Pesquisa**

Será realizada uma entrevista semi-estruturada com o professor de matemática da 1° série do ensino médio do ano de 2023, de uma escola estadual situada na cidade de Lagoa da com o objetivo de caracterizar a abordagem utilizada nas aulas de função quadrática, e dessa forma compreender melhor o referencial tomado pelo aluno para sua aprendizagem.

Durante todo o procedimento da pesquisa será mantido o respeito à dignidade da pessoa humana, considerando-se os valores culturais, sociais, morais, religiosos, éticos e políticos dos entrevistados e das instituições participantes.

Para garantir a fidedignidade das entrevistas e possibilitar uma melhor documentação e análise das declarações emitidas pelos sujeitos entrevistados, será feita a gravação de toda a entrevista.

**c) Garantia de Sigilo**

As informações de identificação dos entrevistados serão mantidas sob sigilo, sendo adotados - para a publicação dos dados coletados - nomes fictícios em lugar dos nomes reais dos sujeitos da pesquisa.

**d) Benefícios da Pesquisa a Comunidade**

Os participantes estarão contribuindo para a construção de novos conhecimentos científicos e inscrevendo-se no cenário acadêmico como co-responsáveis pelos benefícios sociais advindos desta pesquisa.

**e) Contato com os Pesquisadores**

Antônio Dantas Filho, Graduando em Matemática Licenciatura na Universidade Federal de Alagoas Campus Arapiraca. Telefone: (82) 99930-0115. E-mail: <antonio.dantas@arapiraca.ufal.br>

**f) Contato com o Orientador da Pesquisa**

Prof. Me. José Fábio Boia Porto vinculado ao Curso de Matemática Licenciatura Matrícula Siape: 3501559. E-mail: fabioboia2009@gmail.com. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7044527717138480>

**g) Contato com o Curso de Matemática Licenciatura da UFAL - Campus Arapiraca**

Coordenador do Curso: Prof. Dr. Alcindo Teles Galvão Contato institucional: alcindo.galvao@arapiraca.ufal.br. Home Page: <https://arapiraca.ufal.br/graduacao/matematica>

**h) Localização do Curso na Universidade**

A coordenação do curso está situada no bloco das coordenações na Universidade Federal de Alagoas - Campus Arapiraca, localizada na Av. Manoel Severino Barbosa - Bom Sucesso, Arapiraca - AL, 57309-005. Mas, no atual semestre letivo, todos os contatos estão sendo realizados por meio dos e-mail institucionais.

**DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO E AUTORIZAÇÃO PARA ENTREVISTA**

Eu, Raul Miguel Ferreira da Silva, documento de identidade nº. [redacted] órgão expedidor [redacted], declaro estar ciente das informações contidas no **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido** relativo à pesquisa intitulada Caracterizando a ocorrência das aprendizagens mecânica e significativa no estudo de função quadrática e implicações de autoria de Antonio Dantas Filho, graduanda/o(as/os) do Curso de Licenciatura em Matemática da UFAL/*Campus* de Arapiraca, e autorizar a gravação das entrevistas realizadas, bem como a utilização e divulgação dos dados coletados para fins acadêmicos e educacionais. Arapiraca, _____ de _____ de 2022.

Raul Miguel Ferreira da Silva

Assinatura do Sujeito Entrevistado