

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
PUC-SP

Claudio Fernando Izidoro Pinheiro

Estratégias de análise de resultados da avaliação da aprendizagem: plano de
formação continuada para professores e coordenadores pedagógicos

Mestrado Profissional em Educação: Formação de Formadores

SÃO PAULO
2018

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
PUC-SP

Claudio Fernando Izidoro Pinheiro

Estratégias de análise de resultados da avaliação da aprendizagem: plano de
formação continuada para professores e coordenadores pedagógicos

Mestrado Profissional em Educação: Formação de Formadores

Trabalho Final apresentado à Banca
Examinadora da Pontifícia Universidade
Católica de São Paulo, como exigência
parcial para a obtenção do título de Mestre
Profissional em Educação: Formação de
Formadores, sob orientação do Prof. Dr.
Nelson Antonio Simão Gimenes.

SÃO PAULO
2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Nelson Antonio Simão Gimenes.

Profa. Dra. Cláudia Leme Ferreira Davis.

Profa. Dra. Gláucia Torres Franco Novaes.

DEDICATÓRIA

Dedico à minha esposa, Patrícia, e à minha filha, Sofia, que sempre me apoiaram, especialmente nos momentos em que tive que me ausentar do convívio familiar para realizar esta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço o meu orientador, Prof. Dr. Nelson Gimenes, que confiou na proposta, dando-me autonomia, indicações valiosas, ensinamentos e palavras de apoio.

Agradeço o incentivo, a parceria e o patrocínio do Colégio Bandeirantes e do Colégio Albert Sabin, reconhecidas instituições de educação básica de São Paulo, que valorizam a formação de seus profissionais e contribuem para a construção de uma educação melhor.

RESUMO

PINHEIRO, Claudio F.I. **Estratégias de Análise de Resultados da Avaliação da Aprendizagem**: Plano de Formação Continuada para Professores e Coordenadores Pedagógicos. 2018. 154p. Trabalho final (mestrado profissional) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2018.

Esta pesquisa propõe um plano de formação para professores da educação básica que visa ao aprimoramento de análises quantitativas e qualitativas de resultados de avaliações da aprendizagem, especialmente aquelas aplicadas aos estudantes dos anos finais do ensino fundamental e do ensino médio. O trabalho divide-se em duas partes, sendo que a primeira apresenta uma revisão conceitual-teórica sobre: a) conteúdos específicos da estatística descritiva clássica; b) uso de índices quantitativos da teoria clássica de medidas (índice de facilidade, índice de discriminação e correlação ponto-bisserial) para a qualificação de itens dos exames; c) características selecionadas da aprendizagem do adulto, em que se destacam a memória, a metacognição e o aprendizado em rede e d) modalidades de avaliação (diagnóstica, formativa e somativa), com ênfase à modalidade formativa. A segunda parte apresenta o plano de formação, composto por cinco atividades, intituladas: a) medida e avaliação educacional; b) letramento estatístico; c) tratamento estatístico com uso de planilhas eletrônicas; d) análise quantitativa e qualitativa de itens de avaliação da aprendizagem e e) estudo de caso em uma perspectiva formativa. As atividades do plano de formação são autorais, elaboradas a partir dos fundamentos conceituais pesquisados e da experiência profissional. O trabalho apresenta uma proposta de intervenção que concilia análises quantitativas e qualitativas dos resultados das avaliações da aprendizagem, propõe procedimentos para a crítica dos itens de avaliação e estimula as tomadas de decisões pedagógicas fundamentadas em dados.

PALAVRAS-CHAVE: avaliação formativa, formação continuada, plano de formação, métodos quantitativos.

ABSTRACT

PINHEIRO, Claudio F.I. **Strategies for Analysis of Learning Assessment Results**: Continuing Education Plan for Teachers and Pedagogical Coordinators. 2018. 154p. Final work (professional master's degree) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2018.

This research proposes a continuing education plan for teachers of basic education that aims to improve the quantitative and qualitative analysis of the results of appraisals of learning, especially those applied to students in the final years of elementary and high school. The work is divided in two parts. The first presents a conceptual-theoretical review on: a) specific contents of classical descriptive statistics; b) use of quantitative indexes of the classical theory of measurement (difficulty index, discrimination index and Point-Biserial Correlation) for the qualification of exams questions; (c) selected characteristics of adult learning, in which memory, metacognition and network learning are highlighted, and; (d) modalities of evaluation (diagnostic, formative and summative), with emphasis to the formative modality. The second part presents the training plan, consisting of five activities entitled: a) educational measurement and evaluation, b) statistical literacy, c) statistical treatment using spreadsheets, d) quantitative and qualitative analysis of e-learning evaluation items) case study from a formative perspective .The activities of the training plan are authorial, elaborated from the investigation of conceptual fundamentals and the professional experience. The paper presents an intervention proposal which conciliates quantitative and qualitative analyzes of the results of the evaluation of the learning, proposes procedures for the analysis of the evaluation items and stimulates the pedagogical decision making based on data.

KEY WORDS: formative assessment, continuing education, quantitative methods.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Número de ocorrências das notas dos alunos da hipotética turma A agrupadas em intervalos regulares de um ponto.	5
Gráfico 2 – Notas dos alunos da hipotética turma B agrupadas em intervalos regulares de um ponto.	5
Gráfico 3 – Representação do número de alunos que obtiveram notas nos intervalos indicados.....	17
Gráfico 4 – Representação do percentual de alunos que obtiveram notas nos intervalos indicados.....	18
Gráfico 5 – Desempenho nas disciplinas de Matemática e Língua Portuguesa de 441 alunos em avaliação de múltipla escolha multidisciplinar com 90 itens	25
Gráfico 6 – Curva normal. Percentuais de observações contidas em intervalos unitários de desvios-padrões (σ) em torno na média.	28
Gráfico 7 – Distribuições simétricas e assimétricas e o posicionamento da média, mediana e moda	31
Gráfico 8 – Medidas do estanino em relação a outras medidas na distribuição normal	34
Gráfico 9 – Relações entre a distribuição normal e diversas escalas derivadas...	35
Gráfico 10 – Percentual de alunos que obtiveram desempenho nos intervalos padronizados com média 5,0 e desvio-padrão 1,0.....	39
Gráfico 11 – Índices de facilidade (IF) e índices de discriminação (ID) para cada um dos 90 itens de uma avaliação de múltipla escolha aplicada para 441 estudantes das 3ª séries do Ensino Médio em uma escola da rede privada de São Paulo. ...	46
Gráfico 12 – Pares ordenados do número de acertos obtidos em Física e em Química pelos estudantes participantes do teste descrito no Anexo II	51
Gráfico 13 – Comunidades de aprendizagem nos níveis individual e institucional	73
Gráfico 14 – Representação da quantidade de alunos de 8 ^{os} anos do Ensino Fundamental que obtiveram notas em intervalos de 1,0 pontos em uma avaliação de Matemática aplicada em uma escola privada de São Paulo. Total de 109 participantes.....	99
Gráfico 15 – Representação gráfica equivalente ao Gráfico 14, com indicação da curva normal	100

Gráfico 16 – Distribuição percentual da quantidade de alunos em função dos resultados obtidos em intervalos de 1,0 ponto no estudo de caso da atividade 5.....	113
Gráfico 17 – Índices de Discriminação (ID) e de Facilidade (IF) dos itens da avaliação aplicados no estudo de caso da atividade 5	113
Gráfico 18 – Distribuição dos resultados do caso estudado na atividade 5 comparada à curva normal.....	116
Gráfico 19 – Evolução teórica desejável da distribuição dos resultados em avaliações formativas.....	121
Gráfico 20 – Evolução teórica desejável da distribuição dos resultados em avaliações com propósitos classificatórios e seletivos.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de variáveis em estatística e exemplos educacionais ...	14
Tabela 2 – Notas obtidas por 40 alunos em uma avaliação de aprendizagem hipotética.....	15
Tabela 3 – Número de alunos que obtiveram notas dentre os valores possíveis (em ocorrências absolutas [frequência simples] ou percentuais [frequência relativa])..	15
Tabela 4 – Frequências simples e relativas das notas obtidas por alunos em uma avaliação hipotética agrupados em 6 intervalos de classe.	17
Tabela 5 – Nº de alunos presentes em categorias de desempenho estipulados pelo professor ou pelo sistema de ensino.....	23
Tabela 6 – Possibilidades de uso das medidas de posição para diferentes tipos de variáveis.	23
Tabela 7 – Uso da média, mediana e moda	24
Tabela 8 – Média, mediana e moda dos desempenhos em Matemática e Língua Portuguesa.....	25
Tabela 9 – Médias e desvios-padrões dos desempenhos em Matemática e Língua Portuguesa.....	27
Tabela 10 – Médias, desvios-padrões e intervalos, considerando uma distribuição normal, dos desempenhos em Matemática e em Língua Portuguesa	29
Tabela 11 – Quantidade de alunos com desempenho em Matemática e em Língua Portuguesa contidos nos intervalos indicados.	29
Tabela 12 – Médias, desvios-padrões e coeficientes de variação dos desempenhos em Matemática e em Língua Portuguesa	30
Tabela 13 – Termos da distribuição representada na Tabela 2	33
Tabela 14 – Resultados obtidos em Matemática e em Língua Portuguesa na situação descrita no Anexo 1 agrupados em estatinos	35
Tabela 15 – Classificação de itens de avaliação com base nos valores do Índice de Facilidade (IF)	42
Tabela 16 – Classificação da capacidade de discriminação de um item em função de diferentes valores dos Índices de Discriminação (ID)	43
Tabela 17 – Coeficientes de correlação ponto-bisserial das 90 questões aplicadas para 441 alunos dos 3 ^{os} anos do Ensino Médio em escola privada do município de São Paulo.....	49

Tabela 18 – Medida da correlação entre uma variável dicotômica e outra contínua em função de intervalos de valores do coeficiente de correlação	50
Tabela 19 – Coeficientes de correlação ponto-bisserial entre os resultados observados pelas disciplinas avaliadas no teste apontado no Anexo II	50
Tabela 20 – Apresentação e possíveis interpretações educacionais de parâmetros utilizados para a análise de itens de testes educacionais de acordo com a Teoria Clássica dos Testes	52
Tabela 21 – Duas categorias de concepções de avaliação da aprendizagem. Definições formuladas por diversos autores associadas às categorias	77
Tabela 22 – Modelo de atividade	93
Tabela 23 – Objetivos e duração estimada das atividades propostas	94
Tabela 24 – Atividade 1 – Medida e avaliação educacional.....	96
Tabela 25 – Atividade 2 – Letramento Estatístico	98
Tabela 26 – Estatísticas descritivas das notas obtidas por 109 estudantes do 8 ^{os} anos do Ensino Fundamental em uma avaliação da aprendizagem de Matemática, em uma escola privada de São Paulo.....	100
Tabela 27 – Atividade 3 – Tratamento estatístico com uso de planilhas eletrônicas.....	104
Tabela 28 – Atividade 4 – Análise quantitativa e qualitativa de itens de avaliação	107
Tabela 29 – Atividade 5 – Estudo de caso: Análise quantitativa e qualitativa de uma avaliação aplicada.....	111
Tabela 30 – Estatísticas descritivas dos resultados obtidos pelos alunos participantes do estudo de caso da atividade 5	112
Tabela 31 – Descrição dos itens da avaliação aplicada no estudo de caso da atividade 5.....	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Influência na mediana e na média ao se trocar uma das notas 9 por 10, após revisão do professor.....	22
Quadro 2 – Esquema representativo da distribuição em quartis das notas indicadas na Tabela 2.....	32
Quadro 3 – Quartis e distâncias para os dados indicados na Tabela 2	33
Quadro 4 – Comparativo da distribuição dos desempenhos em Língua Portuguesa e em Matemática dos resultados expressos no Anexo 1, em percentuais de acertos e na escala estanino	36

APÊNDICES

Apêndice 1 – Processo de obtenção dos dados resumidos na Tabela 14.....	132
Apêndice 2 – Fórmulas utilizadas na planilha-modelo da atividade 4 – Análise quantitativa e qualitativa de itens de avaliação da aprendizagem.....	135

ANEXOS

Anexo 1 – Quantidade de acertos percentuais em Matemática (MAT) e Língua Portuguesa (POR) de 441 estudantes de uma escola privada de São Paulo que participaram de uma avaliação de múltipla escolha multidisciplinar, com 10 itens de MAT e 16 itens de POR	136
Anexo 2 – Parâmetros de itens de uma avaliação multidisciplinar aplicada a 441 alunos das 3 ^{as} séries do Ensino Médio em escola de ensino privado de São Paulo	138
Anexo 3 – Desempenho de 109 alunos de 8 ^{os} anos do Ensino Fundamental de uma escola privada de São Paulo em uma avaliação de Geometria.	141
Anexo 4 – Acertos (1) e erros (0) obtidos por 478 alunos das 3 ^{as} séries do Ensino Médio submetidos a uma avaliação com 20 questões de múltipla escolha, dicotômicas, na disciplina de Física, em uma escola privada de São Paulo.....	142
Anexo 5 – Avaliação de Física proposta para 478 alunos das 3 ^{as} séries do Ensino Médio em uma escola privada de São Paulo	143
Anexo 6 – Desempenho dos alunos em uma avaliação de Física aplicada a 481 estudantes das 3 ^{as} séries do Ensino Médio	154

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVO	7
1.2. JUSTIFICATIVA	8
CAPÍTULO 2 – ESTUDOS E FUNDAMENTOS	12
2.1. FUNDAMENTOS DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA CLÁSSICA APLICADA ÀS AVALIAÇÕES DA APRENDIZAGEM.....	12
2.1.1. CONCEITOS ESTATÍSTICOS SELECIONADOS	13
2.1.2. TIPOS DE VARIÁVEIS E APLICAÇÕES EDUCACIONAIS	13
2.1.3. REPRESENTAÇÃO TABULAR E DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS	14
2.1.4. MEDIDAS DE POSIÇÃO (LOCALIZAÇÃO) CENTRAL – MÉDIA, MEDIANA E MODA	18
2.1.5. MEDIDAS DE DISPERSÃO: DESVIO-PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	24
2.1.6. GRUPOS DE DESEMPENHO – QUARTIS E ESTANINOS.....	30
2.1.7. NOTA (SCORE) PADRONIZADA	37
2.2. PARÂMETROS DESCRITIVOS DE ITENS DE AVALIAÇÃO PELA TEORIA CLÁSSICA DE MEDIDAS (TCM)	40
2.2.1. ÍNDICE DE FACILIDADE OU DE DIFICULDADE	40
2.2.2. ÍNDICE DE DISCRIMINAÇÃO.....	43
2.2.3. COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO PONTO-BISSERIAL	47
2.3. APRENDIZAGEM DO ADULTO	52
2.3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	52
2.3.2. MEMÓRIA	55
2.3.3. METACOGNIÇÃO	59
2.3.4. APRENDIZAGEM EM REDE NA SOCIEDADE DO CONHECIMENTO	64

2.3.5. <i>FOSTERING COMMUNITIES OF TEACHERS AS LEARNERS</i>	69
2.4. REFLEXÕES SOBRE A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM.....	74
2.4.1. MEDIDA E AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM	75
2.4.2. MODALIDADES DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM.....	80
2.4.3. AVALIAÇÃO COM INTENÇÃO DIAGNÓSTICA.....	81
2.4.4. AVALIAÇÃO COM INTENÇÃO FORMATIVA	82
2.4.5. AVALIAÇÃO CUMULATIVA OU SOMATIVA	89
CAPÍTULO 3 – PLANO DE FORMAÇÃO	92
3.1. SUMÁRIO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS	94
3.2. ATIVIDADE 1 – MEDIDA E AVALIAÇÃO EDUCACIONAL.....	95
3.3. ATIVIDADE 2 – LETRAMENTO ESTATÍSTICO	97
3.4. ATIVIDADE 3 – TRATAMENTO ESTATÍSTICO COM USO DE PLANILHAS ELETRÔNICAS	103
3.5. ATIVIDADE 4 – ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DE ITENS DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM.....	106
3.6. ATIVIDADE 5 – ESTUDO DE CASO EM UMA PERSPECTIVA FORMATIVA.....	109
CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
REFERÊNCIAS.....	125
APÊNDICES	132
ANEXOS	136

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Nos mais de 20 anos de experiência no magistério, nas funções de Professor e Coordenador Pedagógico, os processos de avaliação, os dados quantitativos provenientes desses processos, a análise dos dados e as tomadas de decisão são objetos de conhecimento que me despertam especial interesse. Considerando essas motivações, este trabalho pretende contribuir para o aprimoramento das análises quantitativas e qualitativas dos resultados obtidos na avaliação da aprendizagem com uso da estatística.

Em 1994, após um ano de muitos estudos no curso preparatório para o vestibular, ingressei na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em Engenharia Metalúrgica. Não era minha primeira opção (desejava, inicialmente, Engenharia de Produção), mas logo fiquei entusiasmado com a área e decidi seguir adiante, abrindo mão de transferência interna. Começou aí o que se transformaria em uma longa jornada de formação acadêmica, profissional e pessoal, fundamentais para a construção de minha identidade.

Ao ingressar na Engenharia, comecei a trabalhar no mesmo cursinho que estudei no ano anterior. Fui contratado como plantonista de dúvidas cuja função era auxiliar os alunos na resolução de exercícios de Física. Não demorou para que o processo de ensino e aprendizagem despertasse meu interesse.

Após quatro anos e meio de estudos em Engenharia, fiquei diante de um dilema. Naquele momento, já havia me estabelecido como professor de cursinho, com carga horária fixa de mais de 40 horas semanais. A ascensão na carreira foi rápida, revelando aptidão, embora tenha ocorrido de forma não planejada. Cursava Engenharia, logo, deveria ser Engenheiro. Assim, tive que tomar uma decisão para a vida: serei Engenheiro ou Professor? Devido ao pouco tempo disponível para estudar, a minha formação acadêmica na Engenharia estava comprometida, com disciplinas em atraso, pois não me dedicava como julgava necessário. Ao mesmo tempo, sentia-me realizado na docência, exercida com competência, apesar de fazê-la de forma intuitiva. Nesse cenário, decidi ser Professor, transferindo-me para o curso de Licenciatura em Física.

A Licenciatura em Física na USP tem algumas peculiaridades. Além das disciplinas de formação docente ofertadas pela Faculdade de Educação, o Instituto possui área de pesquisa em ensino de Física, o qual contribui significativamente

para uma melhor formação dos jovens professores. Simultaneamente, assumi turmas como professor no Ensino Médio regular, na Escola Estadual Anhanguera, localizada no bairro da Lapa, em São Paulo, e em uma pequena escola privada situada na mesma região. A intuição foi gradativamente dando lugar à intencionalidade, à medida que, a partir da assimilação das teorias (e técnicas) de ensino-aprendizagem, pude transformar a qualidade das aulas e colocar em prática novas formas de ensino, que não somente a exposição. Na verdade, o meu olhar começou a se voltar para o aprendizado, e não somente para o ensino. Por que alguns alunos não aprendem os conteúdos apresentados, mesmo sendo claro e preciso nas apresentações? Os resultados das avaliações revelam o quê? Como posso medir, quantificar, enfim, saber, de alguma maneira, o nível de aprendizagem de meus alunos? Essas e outras perguntas eram alguns dos questionamentos que comecei a fazer aos vinte e poucos anos.

Em 2004, fui contratado pelo Colégio COC, escola privada localizada no município de Osasco (SP), e com isso passei a ministrar mais aulas no Ensino Médio regular que no cursinho preparatório para vestibulares. Em 2005, a convite da direção do Colégio, assumi a recém-criada Coordenação da Área de Ciências da Natureza em suas Tecnologias, função concebida para fomentar atividades integradas entre as disciplinas de Biologia, Física e Química, em consonância com os documentos oficiais (PCN, PCN+ e outras publicações), com as tendências observadas em educação (contextualização e a interdisciplinaridade), e sobretudo, com as expectativas expressas na Matriz de Referência do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio). Em 2008, ingressei no Ensino Fundamental II (6º ao 9º ano) como Coordenador Pedagógico, permanecendo por 2 anos. No período, de 2010 a 2014, assumi o mesmo cargo, mas agora no Ensino Médio, ainda no Colégio COC. Nos anos de 2015 e 2016, trabalhei como Coordenador Pedagógico Adjunto no Colégio Albert Sabin, escola privada estabelecida na zona oeste de capital paulista, reconhecida pelo projeto pedagógico de viés humanista, e que, ao mesmo tempo, busca por resultados quantitativos, especialmente nas aprovações nos vestibulares e no ENEM. Em 2017, fui contratado pelo Colégio Bandeirantes, tradicional escola paulistana com mais de 70 anos de atividade, como Coordenador de Processos de Avaliação Acadêmica. As principais atribuições, dentre outras, são: acompanhar os resultados dos alunos em avaliações externas (especialmente nas provas simuladas de vestibular organizadas por empresa terceirizada), registrar as

aprovações em processos seletivos (destacando os ingressos no ensino superior em diversas universidades por meio do ENEM e na USP, a partir do vestibular da FUVEST) e observar e analisar o desempenho dos alunos nas diversas avaliações da aprendizagem do Colégio, com o propósito de oferecer relatórios para os professores acerca do desempenho dos estudantes e dar sugestões pedagógicas para o aprimoramento dos cursos.

À medida que assumi novas atribuições, que foram além da sala de aula, procurei aprimorar minha formação acadêmica, até então restrita à graduação. Cursei, em 2006 e 2007, duas extensões universitárias na PUC – COGEAE, intituladas “O Papel do Coordenador Pedagógico”, com duração de 6 meses cada. Esse retorno à academia foi essencial para uma atualização conceitual e para a assimilação de novas práticas, justamente dentro do que se espera de um curso de extensão. No período de 2011 a 2012, fiz MBA (*lato sensu*) em Gestão Educacional na faculdade Trevisan, instituição de ensino superior especializada em cursos na área de negócios. Considero essa experiência um divisor de águas em minha formação, pois tive a oportunidade de analisar amplos aspectos relacionados à administração de uma instituição de ensino, tais como a gestão de pessoas, o marketing, a gestão de processos, a legislação, as finanças e muito mais.

Nas diversas experiências profissionais citadas, seja como professor, como coordenador ou como gestor, as medidas dos resultados e as avaliações de desempenho dos alunos sempre estiveram presentes. Lembro-me que na época do cursinho, o percentual de aprovados nos mais concorridos vestibulares era o principal (e talvez o único) indicador. Nas escolas em que lecionei, para esse mesmo indicador, eram acrescidas muitas outras medidas, como a distribuição das notas obtidas pelos alunos nas provas, o percentual de retenção e aprovação etc. Como coordenador e gestor, fiz uso de outros dados quantitativos, como os resultados obtidos pelos estudantes por área do conhecimento, o percentual de entrega e compromisso com as tarefas escolares, a avaliação do corpo docente e da escola pelos alunos etc. O domínio de estatística básica e os conhecimentos em exatas e em informática favoreceram fortemente minha relação com os dados quantitativos.

Diante desse cenário, surgiu um questionamento: como posso utilizar a totalidade das informações fornecidas pelas avaliações, com uso da estatística,

para implementar práticas pedagógicas mais eficientes e que resultassem, em última instância, na melhoria do aprendizado dos alunos?

No cotidiano das escolas de educação básica, observa-se que professores realizam análises quantitativas dos resultados obtidos pelos seus alunos com o propósito de tomar decisões pedagógicas. O estudo quantitativo mais comum é o cálculo da média aritmética das notas ou dos conceitos obtidos pela classe. Esse procedimento é utilizado com frequência no ambiente escolar, como no cálculo das notas finais para aprovação ou retenção dos alunos. O uso desse procedimento, entretanto, limita uma análise mais aprofundada do desempenho dos estudantes de um determinado curso. A média aritmética supõe uma nota típica de um “aluno médio” daquela turma, mas nada nos informa sobre a distribuição dos resultados de determinada avaliação, podendo conduzir a erros de interpretação (MORETTIN e BUSSAB, 2013), e essa distribuição é essencial para uma tomada de decisão mais acertada pelo professor. É possível exemplificar esse procedimento da seguinte forma: em determinada turma A de um curso hipotético, os resultados obtidos pelos alunos em uma avaliação proposta, em uma escala de zero a 10, foram os seguintes:

7,0; 9,0; 7,5; 7,5; 9,5; 8,0; 7,0; 7,5; 7,5

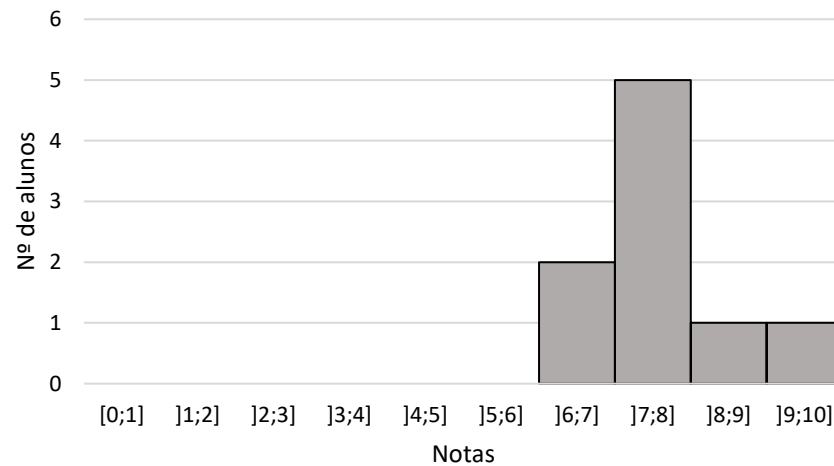
A média aritmética dessa turma é:

$$média = \frac{7 + 9 + 7,5 + 7,5 + 9,5 + 8 + 7 + 7,5 + 7,5}{9} \cong 7,8$$

Essas notas podem ser agrupadas em intervalos regulares, o que permite a construção de histogramas: gráficos em forma de barra que mostram o número de ocorrências (no caso, a quantidade de alunos) que obteve notas nos intervalos assinalados no gráfico¹.

¹ O símbolo]1,2] indica o intervalo entre 1 e 2 que não contém o 1 mas inclui o 2. O mesmo princípio se aplica aos demais intervalos que serão indicados em outros gráficos.

Gráfico 1 – Número de ocorrências das notas dos alunos da hipotética turma A agrupadas em intervalos regulares de um ponto.



Fonte: Dados hipotéticos elaborados pelo autor.

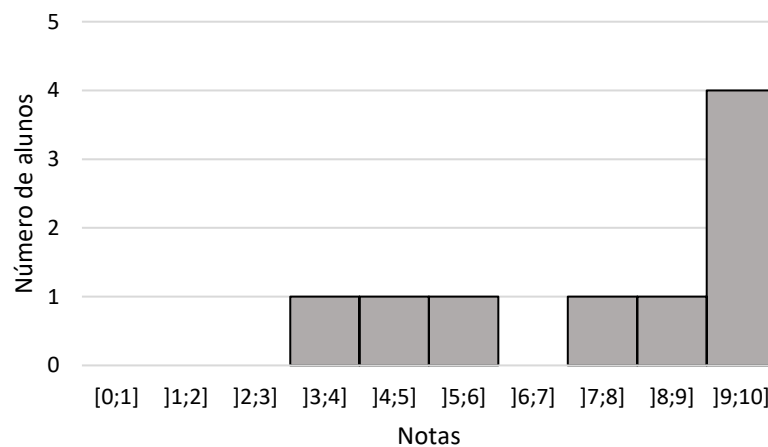
Em outra turma B, do mesmo curso, as notas obtidas foram:

6; 4; 4,5; 9,5; 9,5; 10; 10; 9,0; 7,5

A média aritmética dessa turma B é:

$$m\acute{e}dia = \frac{6 + 4 + 4,5 + 9,5 + 9,5 + 10 + 10 + 9 + 7,5}{9} \cong 7,8$$

Gráfico 2 – Notas dos alunos da hipotética turma B agrupadas em intervalos regulares de um ponto.



Fonte: Dados hipotéticos elaborados pelo autor.

Embora as médias sejam iguais, é fácil observar que as notas obtidas pelos alunos da turma A estão mais próximas à média 7,8, sugerindo que os alunos manifestam domínio, com maior ou menor grau, dos conteúdos ou habilidades avaliadas. Já os alunos da turma B obtiveram resultados mais dispersos, com estudantes com notas baixas e outros com notas máximas ou próximo dela. Não é possível fazer a mesma inferência daquela realizada para a turma A. Os resultados da turma B mostram que há um “fosso” entre os alunos, divididos entre aqueles que obtiveram melhores desempenhos e outros com notas mais baixas. Espera-se que as ações pedagógicas sejam distintas para as duas turmas a partir dessa simples observação.

Situações simples como essa levam aos questionamentos: o uso da estatística para a análise dos resultados das avaliações do aprendizado pode contribuir para uma melhor tomada de decisão pelo professor ou pelo coordenador pedagógico? Os procedimentos estatísticos, em parceria com as análises qualitativas, podem auxiliar o trabalho docente com avaliação, qualificando as ações, fomentando a reflexão sobre a prática e validando os itens do exame? O professor ou o coordenador tem sabido compreender e utilizar os dados ou as análises já realizadas, ou necessitam de preparação específica para isso? Com base nessas e em outras reflexões, esse trabalho pretende propor um plano² de formação continuada para professores e coordenadores pedagógicos da educação básica, especialmente das séries finais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, que visa a aprimorar as práticas de análises quantitativas e qualitativas de resultados das avaliações, considerando que “a utilidade de uma avaliação depende do grau em que os membros de uma comunidade que toma as decisões compreendam os resultados e os considerem razoáveis” (STUFFLEBEAM, SHINKFIELD, 1987, p. 156). Para tanto, o método de pesquisa predominante será o da pesquisa bibliográfica, a qual será utilizada como subsídio para a proposição do plano.

² De acordo com a Prof^a Dr^a Margarida Maria Krohling Kunsch, (KUNSCH, 2003), plano refere-se àquilo que contém as informações básicas, incluindo os objetivos gerais, do que se pretende fazer, diferentemente de Projeto, o qual apresenta todas as fases de criação, incluindo os estudos de viabilidade. Este trabalho optará pela elaboração de um plano, uma vez que se considera que a formulação de um projeto depende de fatores do contexto de cada unidade escolar (recursos materiais, formação das equipes docentes, disponibilidades de espaços e tempos etc.).

Qual a definição de avaliação, no contexto educacional, que melhor se adequa às finalidades dessa proposta? Há muitas conceituações de avaliação em educação. Dentre elas, elege-se, como referência, a proposição de Lukas e Etxeberria (2009), que ressaltam o caráter processual e sistemático da avaliação, em oposição à concepção de um evento, como se vê no trecho:

“A avaliação é o processo de identificação, levantamento e análise de informação relevante de um objeto educacional, que pode ser quantitativa e qualitativa, de forma sistemática, rigorosa, planejada, dirigida, objetiva, crível, fidedigna e válida para emitir juízo de valor baseado em critérios e referências preestabelecidas para determinar o valor e o mérito desse objeto a fim de tomar decisões que ajudem a otimizá-lo.” (Lukas, Etxeberria, 2009)

O objeto de pesquisa é a construção de um plano de formação continuada para professores, visando ao aprimoramento de análises de resultados quantitativos e qualitativos das avaliações da aprendizagem propostas a seus alunos. A modalidade de avaliação priorizada nesta dissertação será a formativa, como apresentada por HADJI (2001), PERRENOUD (1999), FERREIRA (2010) e outros. Nessa perspectiva, a avaliação integra o processo de aprendizagem, fazendo parte dela, e servirá para o próprio aprendizado, para a revisão, para o aprimoramento, para o encaminhamento para o reforço ou como trampolim para o aprofundamento de conceitos. Entende-se, neste trabalho, que o processo avaliativo não ocorre somente na forma de provas e testes. De acordo com Cronbach (1963), a avaliação da aprendizagem pode utilizar-se de diferentes meios e instrumentos, como os relatórios dos professores sobre os estudantes (observações de comportamento), levantamento de opiniões, observações sistemáticas, estudos de seguimento (*follow-up*) e outros. O mesmo autor enfatiza que os resultados do processo avaliativo norteiam todo o processo avaliativo.

1.1. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo geral propor um plano de formação continuada para professores e coordenadores pedagógicos das séries finais do Ensino Fundamental (6º aos 9º anos) e do Ensino Médio, que aprimore as práticas

de análises quantitativas e qualitativas dos resultados das avaliações da aprendizagem propostas para os alunos, em uma perspectiva formativa, de modo a promover a reflexão sobre a prática.

Para que se atinja o objetivo geral do trabalho, elencam-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Selecionar, descrever e analisar conceitos, métodos e procedimentos estatísticos e computacionais apropriados, considerando que um dos propósitos do trabalho é o amplo acesso ao plano de formação, especialmente por não especialistas;
- b) Estabelecer procedimentos de análise de dados, especificamente dos resultados quantitativos das avaliações da aprendizagem, com vistas à qualificação da ação docente, ao fomento à reflexão sobre a prática e à validação dos itens da avaliação;
- c) Propor procedimentos e revisar estratégias, presentes na literatura, sobre tomadas de decisão, pelo professor e/ou coordenador pedagógico, a partir da análise estratégica dos resultados das avaliações da aprendizagem;
- d) Delimitar o plano de formação na perspectiva de características selecionadas da aprendizagem do adulto e na visão de uma avaliação formativa.

1.2. JUSTIFICATIVA

Pesquisas prévias realizadas evidenciaram poucos estudos que analisam ou propõem atividades de formação continuada para equipes docentes com o uso da estatística descritiva clássica para a análise de resultados quantitativos e qualitativos das avaliações. Tais procedimentos, como se defende neste trabalho, possibilitam tomadas de decisão mais bem fundamentadas com vistas ao aprendizado.

Uma das fontes utilizadas nas pesquisas preliminares foi a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Em busca realizada por “métodos quantitativos”, utilizando-se o filtro “avaliação”, obteve-se 26 respostas³. A leitura atenta dos resumos e dos textos das pesquisas apontadas possibilitou a seleção

³ Foram realizadas pesquisas com diversas outras palavras-chave, tais como “avaliação formativa”, “formação continuada”, “métodos estatísticos” e outros.

de uma tese com boa correlação com os objetivos desta dissertação. Essa tese é de autoria de Brinckmann (2004). O autor, fazendo uso da inferência estatística e da lógica difusa⁴, propõe o

“desenvolvimento de uma proposta metodológica para a instrumentação de processos avaliativos, com a finalidade de introduzir a matemática (...) como meio complementar (grifo do autor) de apoio aos professores na formação de juízo de valor” (Brinckmann, 2004, p. 18)

A metodologia utilizada pelo autor foi a elaboração teórica de um modelo matemático e sua aplicação em um “estudo de caso hipotético”, constituído por supostos resultados obtidos por estudantes em avaliações de aprendizagem. O autor conclui que o modelo propicia inovações:

a primeira delas é a de mostrar claramente que uma medida crisp, no caso, a média aritmética, quando aplicada como único juízo de valor, mostra-se insuficiente para tomada de decisão, principalmente em situações de maior nebulosidade, como é o caso dos valores médios relacionados a desempenho escolar. Outra vantagem deste método é a de fornecer subsídios para uma análise qualitativa e intuitiva do desempenho do aluno. (Brinckmann, 2004, p. 138-139)

A proposta do autor se mostra inovadora. Entretanto, demanda conhecimentos e instrumentais matemáticos sofisticados, o que pode dificultar a implementação em atividades de formação continuada para professores da educação básica, especialmente para aqueles que possuem pouca afinidade com cálculos avançados.

Foram localizados diversos trabalhos acadêmicos que analisam correlações estatísticas entre atividades educacionais (desempenho em avaliação-diagnóstica e aprovação na série, relação entre mensalidade escolar e proficiência em avaliação externa, qualidade da escola e desempenho escolar etc.) (NOVA, 2014; CURY, FILHO, FARIAS, 2016; FELICIO, FERNANDES, 2005). Esses e outros

⁴ A lógica difusa é entendida como uma lógica que admite múltiplos valores entre zero (falso) e um (verdadeiro) com a finalidade de quantificar estados intermediários. Nas avaliações da aprendizagem, é um método que admite possibilidades de correção de itens por meio de critérios como totalmente correto, parcialmente correto, parcialmente incorreto e totalmente incorreto, e não apenas as possibilidades correto e incorreto.

estudos, pesquisados em outras bases⁵, revelaram uma escassez de produções relacionadas ao uso de métodos quantitativos para análise de resultados de avaliações da aprendizagem e seu uso para tomadas de decisão por parte do professor, em uma perspectiva formativa de avaliação.

Ainda no âmbito dos levantamentos preliminares, alguns livros pesquisados despertaram interesse. O clássico *Essentials of Measurement for Teachers*, de Durost e Prescott (1962), apresenta um conjunto de procedimentos estatísticos voltados à análise de resultados de avaliações, além de explorar aspectos associados à elaboração de itens, testes padronizados, cuidados nas aplicações das avaliações e outros assuntos associados. A obra é rica em aplicações práticas e na apresentação didática, despertando especial interesse por aqueles que se dedicam ao tema. Por ser um livro publicado no início dos anos 1960, ele não explora modalidades de avaliação, especialmente a formativa, conceito que está em desenvolvimento nas últimas décadas. Um dos focos dos autores se dá em avaliações e processos padronizados, e os procedimentos sugeridos não incluem tecnologias digitais, que estavam em fase inicial de desenvolvimento à época, e tampouco eram disponíveis. Respeitando-se as divergências e as limitações da abordagem comparadas aos textos produzidos atualmente, os conteúdos da obra mostram-se fundamentais, uma vez que os autores aplicam, de forma intencional e sistemática, métodos quantitativos para a análise de avaliações escolares.

Vianna (1978), autor do livro “Testes em Educação”, também analisa o uso de métodos quantitativos à avaliação da aprendizagem. Seguindo uma organização semelhante à de Durost e Prescott (1962), o autor investiga diversos aspectos associados à elaboração de testes, sejam os de múltipla escolha ou os de respostas dissertativas. Elementos de estatística são introduzidos pelo autor com diversas finalidades: validação dos itens de avaliação, análise da dificuldade e da capacidade de discriminação das questões, dentre outros. Assim como ocorreu na obra apresentada no parágrafo anterior, pouco se analisa sobre possibilidades de tomadas de decisão pelo professor a partir da análise dos resultados, especialmente em uma perspectiva formativa. Não se localizam, também, indicações do uso de tecnologias para as análises das avaliações assim como

⁵ Também foram realizadas pesquisas na Scielo, assim como nas bibliotecas digitais de diversas universidades brasileiras.

propostas de formação continuada de professores com vistas à investigação dos resultados dos exames.

A carência de estudos sobre formação continuada de professores com a finalidade de aprimorar análises quantitativas e qualitativas de resultados da avaliação da aprendizagem desperta interesse de pesquisa, além de oportunizar uma possibilidade de contribuição para a melhoria da aprendizagem dos alunos da educação básica. Acrescentam-se a essa perspectiva os avanços recentes nos estudos sobre a aprendizagem dos adultos, sobre a formação continuada dos professores da educação básica e sobre os propósitos das avaliações da aprendizagem, em uma sociedade contemplada com acesso aos recursos computacionais, o que favorece o uso de métodos quantitativos. Esses fundamentos encontram sustentação na apresentação do mestrado profissional em Educação: Formação de Formadores, da PUC-SP, o qual explicita: “espera-se que, com a participação no curso, o profissional possa ampliar sua atuação, tornar mais eficientes suas decisões e *contribuir efetivamente para a melhoria do ensino na instituição escolar* (itálico meu).” (PUC-SP, 2018)

CAPÍTULO 2 – ESTUDOS E FUNDAMENTOS

2.1. FUNDAMENTOS DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA CLÁSSICA APLICADA ÀS AVALIAÇÕES DA APRENDIZAGEM

Esta sessão tem como objetivo apresentar, descrever e analisar conceitos selecionados da estatística descritiva e inferencial clássica que serão usadas na proposta de plano de formação, detalhada na parte 3 deste trabalho.

A proposta é apontar conceitos básicos da estatística descritiva e inferencial clássica que possam ser utilizados por professores e coordenadores pedagógicos que não tenham, necessariamente, conhecimentos prévios do assunto. Será dada ênfase a uma descrição de elementos estatísticos seguida por reflexões dos seus significados e das possibilidades de uso desses recursos para a análise de resultados de avaliações da aprendizagem. Em outras palavras, o propósito é contextualizar o uso de *procedimentos matemáticos simples* para a realidade da avaliação da aprendizagem, buscando estimular um *letramento estatístico*, o qual, nas palavras de Gal (2002, *apud* MAGINA *et al.*, 2010, p. 61):

“um adulto que vive numa sociedade industrializada é considerado letrado em Estatística quando consegue interpretar e avaliar criticamente informações estatísticas, discutindo ou comunicando sua compreensão sobre as implicações dessas informações e das conclusões fornecidas.”

Sabe-se que “a Estatística é uma parte da Matemática Aplicada que fornece métodos para a coleta, organização, descrição, análise e interpretação de dados e para a utilização dos mesmos na tomada de decisões.” (CRESPO, 1995, p. 13). Considerando essa definição, a revisão que será apresentada não tem o intuito de promover um aprofundamento em estatística descritiva e inferencial. O plano é *didatizar*⁶ o assunto, por meio da seleção de conteúdos e de estratégias que favoreçam a utilização prática por não-especialistas, entendidos como os profissionais da educação que não tiveram acesso à formação em estatística básica, e que procura manter-se em consonância com a premissa expressa por Crespo (1995, p. 13), ao afirmar que “[...] o aspecto essencial da Estatística é o de

⁶ Didatização entendida como a capacidade de tornar algo mais claro.

proporcionar métodos inferenciais, que permitam conclusões que transcendam os dados obtidos inicialmente”.

2.1.1. CONCEITOS ESTATÍSTICOS SELECIONADOS

Os conteúdos conceituais em estatística selecionados, a partir do levantamento com base em pesquisas relacionadas ao uso da estatística à educação ou na análise de itens de avaliação e que utilizam a Teoria Clássica das Medidas (TCM) (ANGOFF, 1984; DUROST e PRESCOTT, 1962; GUILFORD, 1942; MEDEIROS, 2007) e outros, são:

1. Organização tabular e distribuição de Frequências.
2. Medidas de posição-central (média, moda e mediana).
3. Medidas de dispersão (desvio padrão, coeficiente de variação).
4. Grupos de desempenho (inferior/superior, quartis, estatinos).
5. Nota ou escore padronizado.
6. Índice de facilidade (ou dificuldade) do item.
7. Índice de discriminação.
8. Coeficiente de correlação ponto-bisserial.

2.1.2. TIPOS DE VARIÁVEIS E APLICAÇÕES EDUCACIONAIS

Os resultados das avaliações de aprendizagem propostas para os alunos podem ser representados por diversas formas. É comum a associação do desempenho a um número, que expressa, em relação a uma escala pré-definida, o grau do domínio do estudante em relação aos objetivos da avaliação. Supostamente, quanto mais próxima a nota obtida do valor máximo da escala, maior a proficiência do aluno em relação às habilidades ou aos conteúdos avaliados. No caso contrário, desempenhos mais modestos são descritos por valores mais baixos da escala. Esse tipo de variável é denominada *quantitativa* (MORETTIN e BUSSAB, 2013, p. 12), sendo dividida em *contínua* (podendo assumir qualquer valor numérico, seja inteiro, fracionário, decimal etc.) ou *discreta* (representada por valores numéricos específicos).

Outra possibilidade é o uso de escalas qualitativas, as quais associam conceitos que expressam uma região de domínio dos objetos avaliados. Resultados como “Satisfatório”, “Insatisfatório” ou ainda aqueles que são apresentadas por “A”, “B”, “C” etc., enquadram-se nesse princípio. Essas variáveis são chamadas *qualitativas* (MORETTIN e BUSSAB, 2013, p. 12), classificadas em *ordinais* (quando obedecem algum critério de ordenação, tais como “muito bom”, “bom”, “regular”) ou *nominais* (que não possuem critérios de ordenação).

A tabela a seguir resume os tipos de variáveis utilizadas em análises estatísticas e apresenta exemplos educacionais.

Tabela 1 – Classificação de variáveis em estatística e exemplos educacionais.

Tipo de variável	Classificação	Definição	Exemplo educacional
Quantitativa	Contínua	Representada por quaisquer valores numéricos.	Medidas feitas em um experimento científico. ⁷
	Discreta	Representada por determinados valores numéricos.	Idade dos alunos de uma turma em anos e expressa por números inteiros.
Qualitativa	Ordinal	Representada por um conceito que obedece a uma classificação.	Nível de proficiência (“avançado”, “intermediário”, “iniciante”).
	Nominal	Representada por um conceito que não obedece a uma classificação.	Tipos de atendimentos realizados a alunos (disciplinar, orientação de estudos, relacionamento, etc.).

Fonte: Elaboração própria.

É oportuno que o avaliador tenha recursos para analisar os resultados quantitativos ou qualitativos das avaliações da aprendizagem. Para tanto, este trabalho propõe o uso da Teoria Clássica das Medidas (TCM), a qual possibilita mais facilidade de utilização por profissionais da educação que não possuam conhecimentos prévios do assunto se comparados a métodos mais sofisticados, como a Teoria da Resposta ao Item (TRI).

2.1.3. REPRESENTAÇÃO TABULAR E DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS

“A representação tabular é uma das modalidades mais utilizadas para a apresentação dos dados estatísticos coletados na amostragem”. (MANDIM, 2001,

⁷ Exemplos dessas medidas: A aferição do tempo de queda de um objeto a partir de determinada altura, a quantidade de energia consumida em uma eletrólise ou o percentual de respostas discordantes de um questionamento feito durante entrevistas em ciências humanas.

p. 27). Para ilustrar esse tipo de representação, consideram-se as notas obtidas pelos alunos de uma turma em uma avaliação hipotética, em uma escala de zero a dez e com valores inteiros, e indicadas na tabela a seguir.

Tabela 2 – Notas obtidas por 40 alunos em uma avaliação de aprendizagem hipotética.

Nº	Nome	Nota	14	Leonardo	8	28	Patrícia	8
1	Ana Silva	9	15	Luciano	5	29	Paulo	10
2	Alberto	7	16	Lucas	6	30	Pedro	5
3	Bernardo	8	17	Luisa	7	31	Renata	6
4	Cássia	6	18	Maria Paula	8	32	Renato	4
5	Cláudia	7	19	Maria Rita	10	33	Rodolfo	3
6	Daniel	8	20	Marcela	8	34	Sabrina	7
7	Denise	6	21	Marcelo	5	35	Sofia	8
8	Fernanda	4	22	Márcia	3	36	Soraia	5
9	Gabriel	5	23	Mário	1	37	Tales	6
10	Gabriela	3	24	Matheus	5	38	Tatiana	7
11	Heloisa	9	25	Neusa	7	39	Vanessa	9
12	Isabela	7	26	Otávio	5	40	Vinícius	10
13	Juliana	9	27	Olívia	8			

Fonte: Dados hipotéticos elaborados pelo autor.

Esses dados quantitativos podem ser organizados em uma tabela de frequência, a qual apresenta o número de ocorrências para cada observação (nota) possível.

Tabela 3 – Número de alunos que obtiveram notas dentre os valores possíveis (em ocorrências absolutas (frequência simples) ou percentuais (frequência relativa))

Valores (notas) possíveis	Nº de alunos - Frequência simples (f_i)	Percentual de alunos - Frequência Relativa (f_{ri})
0	0	$0/40 = 0$
1	1	$1/40 = 0,025$ ou 2,5%
2	0	$0/40 = 0$
3	3	$3/40 = 0,075$ ou 7,5%
4	2	$2/40 = 0,050$ ou 5%
5	7	$7/40 = 0,175$ ou 17,5%
6	5	$5/40 = 0,125$ ou 12,5%
7	7	$7/40 = 0,175$ ou 17,5%
8	8	$8/40 = 0,2$ ou 20%
9	4	$4/40 = 0,1$ ou 10%
10	3	$3/40 = 0,075$ ou 7,5%

Fonte: Tabela 2.

Os valores (notas) possíveis podem ser agrupados em intervalos denominados classes. As dimensões desses intervalos podem ser estabelecidas de forma arbitrária ou por meio de procedimentos matemáticos. Uma possibilidade arbitrária seria a divisão das notas em duas classes, com intervalos definidos entre zero e 5 pontos e acima de 5 a 10 pontos. Ou ainda a divisão em 5 classes, cada qual contemplando intervalos de 2 pontos. Sendo assim, como definir o intervalo de classes? Sabe-se que intervalos grandes concentram muitos resultados, o que dificulta a observação da dispersão dos valores. Por outro lado, intervalos muito pequenos têm o efeito contrário: apresentam os resultados de forma tão dispersa que inibe a capacidade de análise dos desempenhos como um todo.

Normalmente, a fixação dos intervalos de classe se dá por tentativa e erro. Após sucessivas tentativas, adotando-se arbitrariamente diversos intervalos para as classes, verifica-se aquele intervalo que melhor concentra os dados para fins de uma boa observação da dispersão das notas. Por outro lado, há procedimentos formais que auxiliam a determinação dos intervalos de classe, dentre os quais se destaca a Regra de Sturges⁸ (MANDIM, 2001, p. 29). Por esse método, o número de classes apropriadas, considerando o tamanho da amostragem, pode ser determinada por:

$$K = 1 + 3,3 \cdot \log N$$

Onde:

K = número de classes.

N = número total de observações.

O que resulta, na situação apresentada, em:

$$K = 1 + 3,3 \cdot \log 40 \rightarrow K \cong 6 \text{ classes}$$

Essa regra estipula que o intervalo de cada classe é obtido por:

$$\text{Intervalo de classe } (I) = \frac{A}{K}$$

⁸ A regra de Sturges é um dentre vários métodos para a determinação do número de classes adequadas para o agrupamento de uma determinada quantidade de dados quantitativos.

Onde A é a amplitude de classe, definida como a diferença entre a maior nota e a menor nota obtida pelos alunos. No caso, $A = 10 - 1 = 9$ e $I = \frac{9}{6} \rightarrow I = 1,5$

Dessa forma, a tabela de frequências pode ser reorganizada, agrupando os resultados em 6 classes, intervaladas em 1,5 ponto:

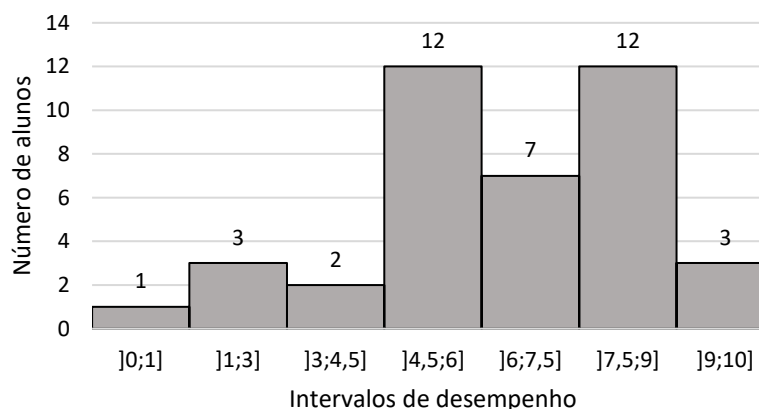
Tabela 4 – Frequências simples e relativas das notas obtidas por alunos em uma avaliação hipotética agrupados em 6 intervalos de classe.

Intervalos	Frequência simples (f_i)	Frequência Relativa (f_{ri})
(0;3]	4	$4/40 = 0,1$ ou 10%
(3,0;4,5]	2	$2/40 = 0,05$ ou 5%
(4,5;6,0]	12	$12/40 = 0,3$ ou 30%
(6,0;7,5]	7	$4/40 = 0,1$ ou 10%
(7,5;9,0]	12	$12/40 = 0,3$ ou 30%
(9,0;10]	3	$3/40 = 0,075$ ou 7,5%

Fonte: Tabela 3.

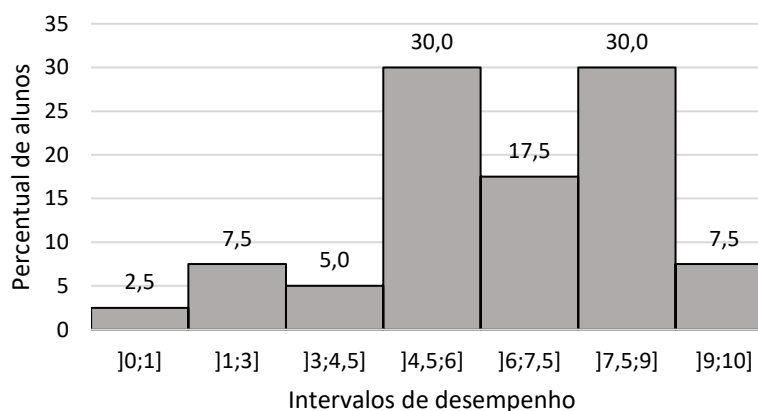
Os mesmos dados da tabela são mais bem visualizados se representados em um gráfico de barras, em que o eixo horizontal representa as classes (intervalos de desempenho ou de notas) e o eixo vertical o número de alunos contidos em cada classe:

Gráfico 3 – Representação do número de alunos que obtiveram notas nos intervalos indicados.



Fonte: Tabela 4.

Gráfico 4 – Representação do percentual de alunos que obtiveram notas nos intervalos indicados.



Fonte: Tabela 4.

As representações gráficas facilitam a leitura da totalidade das informações. No exemplo dado, é possível verificar que 22 alunos (55% do total) obtiveram desempenho superior a 6, estando o restante dos estudantes abaixo dessa marca. Os gráficos ainda mostram que 3 estudantes conquistaram resultados altos (entre 90% e 100% de acertos), e que 6 alunos obtiveram desempenho abaixo de 45% de acertos. Essas, e outras constatações, podem contribuir nas tomadas de decisão do docente, como será visto mais adiante.

2.1.4. MEDIDAS DE POSIÇÃO (LOCALIZAÇÃO) CENTRAL – MÉDIA, MEDIANA E MODA

“A *média aritmética* é uma medida de posição (localização) central, que é representativo de toda uma série de resultados” (MORETTIN e BUSSAB, 2013, p. 37). É um agregador muito popular, utilizado com frequência no ambiente escolar para resultados quantitativos. Seu cálculo é simples, determinado pela soma dos termos dividido pelo número de termos.

Algoritmo para cálculo da média aritmética ⁹

$$\bar{M} = \frac{\sum_i^n x_i}{n}$$

⁹ O símbolo $\sum$ indica o *somatório* e pode ser lido como “a soma de”.

Onde:

x_i = é cada termo i das observações

$\bar{M}$ = média aritmética

n = número de observações

Mas o que pode representar, para o educador, a média aritmética dos resultados de uma turma? Do ponto de vista conceitual, quais informações relevantes o professor e/ou o coordenador pedagógico podem extrair desse simples cálculo?

De acordo com Magina (2010, p. 62), “a média fornece um indicador que pode ser interpretado como um valor típico (grifo meu) e que pode representar, em certas circunstâncias, um conjunto de dados”. Com base nesse conceito, é possível inferir que a média aritmética dos resultados obtidos por um grupo de estudantes pode indicar uma “nota típica” daqueles estudantes.

Em pesquisa realizada sobre as abordagens do conceito da média aritmética em livros didáticos de matemática do final do Ensino Fundamental, Carvalho e Gitirana (2014) destacam outros significados possíveis, como se pode verificar no trecho:

Com relação aos significados, observou-se que o significado mais explorado é o significado da média como um elemento representativo de um grupo (86,6%). Os outros são explorados num percentual muito baixo e ainda há uma lacuna na abordagem de alguns significados: a média como um valor mais provável quando aleatoriamente tomamos um elemento de uma população e a média de uma amostra como uma boa estimativa para a média da população. (CARVALHO; GITIRANA, 2014, p. 686)

O entendimento do conceito de média está intimamente relacionado à compreensão de suas propriedades, as quais, segundo Strauss e Bichler (1988, *apud* MAGINA, Sandra *et al.*, 2010, p. 62) são:

- a) a média está localizada entre os valores extremos (valor mínimo < média < valor máximo);
- b) a soma dos desvios a partir da média é zero: $\sum(X_i - \bar{X}) = 0$

- c) a média é influenciada por cada um e por todos os valores: $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$
- d) a média não necessariamente coincide com um dos valores que a compõem;
- e) a média pode ser um número que não tem um correspondente na realidade física (por exemplo, a média de alunos aprovados é 32,3);
- f) o cálculo da média leva em consideração todos os valores, inclusive os nulos e os negativos;
- g) a média é um valor representativo dos dados a partir dos quais ela foi calculada. Em termos espaciais, a média é o valor que está mais próximo de todos os valores.

É importante destacar que a média aritmética é um agregador de grande utilidade, especialmente quando seu resultado é analisado para além do simples procedimento de cálculo matemático. Todavia, ela não permite que o avaliador tenha uma percepção da dispersão dos resultados, sendo essa uma grande limitação do uso exclusivo dessa medida para fins de inferências mais completas. Como destacam Morettin e Bussab (2013, p. 39): “O resumo de um conjunto de dados por uma única medida representativa de posição central esconde toda a informação sobre a variabilidade do conjunto de observações”.

A média aritmética pode ser *ponderada*, a qual atribui “pesos” para cada um dos valores (variáveis) considerados, os quais representam o número de ocorrências de cada variável. Seu algoritmo de cálculo considera a soma dos valores, cada qual multiplicado pelo seu respectivo “peso”, dividido pela soma dos “pesos”:

$$\bar{X} = \frac{a_1 \cdot p_1 + a_2 \cdot p_2 + a_3 \cdot p_3 + \dots + a_n \cdot p_n}{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}$$

Onde:

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ representam os valores aos quais será calculada a média.

$p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ representam os pesos associados a cada um dos valores.

A média aritmética ponderada está presente em muitas situações educacionais. A determinação de notas para fins de aprovação, o cálculo do desempenho final do estudante a partir de diversos instrumentos de avaliação (e seus respectivos pesos), dentre outros, são procedimentos que frequentemente

utilizam o algoritmo da média aritmética ponderada. Uma observação importante, decorrente da presença dos pesos, é a de que “quanto maior o peso de um valor, mais a média se aproxima deste valor” (LEITE, 2014, p. 37). Parece oportuno que o avaliador educacional tenha ciência dessa importante propriedade no seu cotidiano, especialmente nas situações em que se pretende estipular pesos para cada instrumento de avaliação utilizado com os alunos.

Outra medida de tendência central é a *mediana*, a qual, assim como a média aritmética, é representativa de uma série de dados.

A mediana é [...] definida como o número que se encontra no centro de uma série de números, estando estes dispostos segundo uma ordem. Em outras palavras, a mediana de um conjunto de valores, ordenados segundo uma ordem de grandeza, é o valor situado de tal forma no conjunto que o separa em dois subconjuntos de mesmo número de elementos. (CRESPO, 1995, p. 93).

Para a determinação da mediana, os dados devem estar ordenados (do maior para o menor ou vice-versa). Se o número de observações for ímpar, o termo central, que divide os resultados em duas partes de mesma quantidade de observações, corresponde à mediana. Se o número de observações for par, a mediana corresponde à média aritmética das duas observações centrais.

Utilizando as notas registradas na Tabela 2:

9	7	8	6	7	8	6	4	5	3	9	7	9	8	5	6	7	8	10	8	5	3	1	5	7	5	8	8
10	5	6	4	3	7	8	5	6	7	9	10																

Ordenando-as das maiores para as menores notas, obtém-se:

10;10;10; 9; 9; 9; 9; 8; 8; 8; 8; 8; 8; 8; 8; 7; 7; 7; **7; 7**; 7; 6; 6; 6; 6; 6; 5; 5; 5; 5; 5; 5; 4; 4; 3; 3; 3; 1

└──────────────────────────────────┘
└──────────────────────────────────┘

20 notas (observações)
20 notas (observações)

Como são 40 notas registradas (quantidade par de observações), a mediana corresponde à média aritmética dos termos centrais, marcados em negrito, de modo que:

$$mediana = \frac{7+7}{2} = 7.$$

Comparando a mediana com a média aritmética, calculada por $\bar{M} = \frac{262}{40} = 6,55$ é possível concluir, na situação apresentada, que mais da metade dos alunos obtiveram notas acima da média na turma. Seria possível, em outra situação, que os resultados conduzissem a uma inferência contrária. Conclusões dessa natureza serão importantes para a análise de resultados de avaliações, como será visto adiante.

“(…) uma medida de localização ou dispersão é resistente quando for pouco afetada por mudanças de uma pequena porção dos dados. A mediana é uma medida resistente, ao passo que a média não o é” (MORETTIN e BUSSAB, 2013, p. 47). Se um dos estudantes, que obteve nota 9, tivesse seu resultado alterado para 10, após uma revisão realizada pelo professor, a nova média aritmética da turma passaria a ser:

$$\bar{M} = \frac{263}{40} = 6,57$$

ao passo que a mediana continuaria sendo 7, como é possível verificar no quadro a seguir, o qual ilustra a resistência da mediana quando poucas medidas são alteradas.

Quadro 1 - Influência na mediana e na média ao se trocar uma das notas 9 por 10, após revisão do professor.

10; 10; 10; <u>10</u> ; 9; 9; 9; 9; 8; 8; 8; 8; 8; 8; 8; 8; 8; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 6; 6; 6; 6; 6; 5; 5; 5; 5; 5; 5; 5; 4; 4; 3; 3; 3; 1																																					
média anterior: 6,55										média posterior: 6,57										mediana anterior e posterior: 7																	

A mediana pode ser determinada para dados qualitativos ordinais, ao passo que a média só pode ser calculada para dados quantitativos. Para ilustrar essa propriedade, a tabela a seguir associa categorias de desempenho (aleatórios) para intervalos de notas obtidas pelos alunos na situação hipotética apresentada na Tabela 3.

Tabela 5 – Nº de alunos presentes em categorias de desempenho estipulados pelo professor ou pelo sistema de ensino.

Categoria	Intervalo de notas	Nº de alunos	% de alunos
Excelente	[8;10]	15	$15/40 = 0,375$ ou 37,5%
Bom	[6;8[	12	$12/40 = 0,3$ ou 30%
Regular	[4;6[	9	$9/40 = 0,225$ ou 22,5%
Baixo	[0;4[	4	$4/40 = 0,1$ ou 10%

Fonte: Tabela 3.

Nessa situação, a mediana “é a classe em que a frequência acumulada é de 50% (metade dos indivíduos estão nessa classe ou abaixo dela)” (VIEIRA, 2004). A categoria “Bom” é aquela que contém o acumulado de 50%, o que a torna a categoria da mediana.

A terceira medida de tendência central é a moda, definida como o valor mais frequente de um conjunto de observações. A partir das notas indicadas na Tabela 2:

10; 10; 10; 9; 9; 9; 9; 8; 8; 8; 8; 8; 8; 8; 8; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 6; 6; 6; 6; 6; 5; 5; 5; 5; 5; 5; 5; 4; 4; 3; 3; 3; 1

é possível contabilizar o número de ocorrências de cada nota possível, indicados na Tabela 3. No caso, a nota 8 foi obtida oito vezes, tendo mais ocorrências que as demais, sendo ela a moda desse conjunto de dados.

De acordo com Morettin e Bussab (2013), a moda de uma distribuição pode ser definida para quaisquer tipos de variáveis, sejam elas qualitativas (nominais ou ordinais) ou quantitativas (discretas ou contínuas). A tabela a seguir resume as possibilidades de utilização das medidas de posição para diferentes tipos de variáveis.

Tabela 6 – Possibilidades de uso das medidas de posição para diferentes tipos de variáveis.

Tipo de variável	Exemplo educacional	Média aritmética	Mediana	Moda
Qualitativa nominal	Recomendações do professor (refaça, releia, faça mais exercícios etc.).	Não	Não	Sim
Qualitativa ordinal	Categoria de desempenho (Satisfatório, Insatisfatório etc.).	Não	Sim	Sim
Quantitativa discreta	Notas de desempenho intervaladas em 0,5 ponto.	Sim	Sim	Sim
Quantitativa contínua	Notas de desempenho calculadas por meio de recursos computacionais.	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria a partir de diversas publicações de estatística básica.

No livro *Fundamental Statistics in Psychology and Education*, Guilford (1942) apresenta situações que privilegiam o uso da média, da mediana e da moda, como resume a Tabela 7.

Tabela 7 – Uso da média, mediana e moda.

Use a média quando	Use a mediana quando	Use a moda quando
Uma grande confiabilidade é desejada.	A distribuição é pouco simétrica e tende para um dos extremos.	Deseja-se saber a medida mais recorrente da distribuição.
Cálculos relacionados à variabilidade serão feitos.	A distribuição mostra-se incompleta ou truncada.	Os dados são qualitativos-nominais *.
A distribuição é simétrica próxima ao centro, aproximadamente normal.		

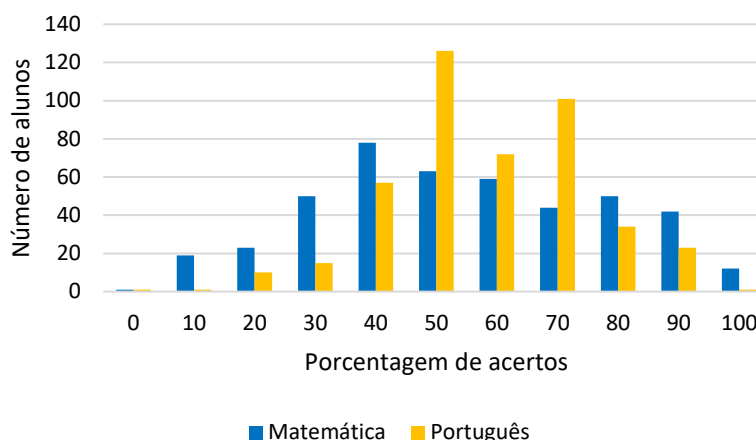
Fonte: GUILFORD (1942, p. 43 e 44) e *nota pessoal.

2.1.5. MEDIDAS DE DISPERSÃO: DESVIO-PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

De acordo com Botter *et al.* (1996), medidas de posição, como a média, mediana e moda, não fornecem informações sobre um dos conceitos mais importantes da estatística: a variabilidade. Em situações educacionais, as variabilidades dos resultados quantitativos das avaliações podem ser utilizadas como *indicadores*, os quais possibilitarão diferentes tomadas de decisão por parte do educador, em uma perspectiva formativa da avaliação.

Uma situação real contribuirá para a compreensão desses conceitos. No Anexo 1, encontram-se registrados os resultados obtidos por 441 alunos da 3ª série do Ensino Médio de uma escola privada de São Paulo em uma avaliação de múltipla escolha multidisciplinar composta por 90 itens. Os resultados expressam percentuais de acertos em cada uma das disciplinas. Foram apresentados os escores em Matemática e em Língua Portuguesa. O gráfico a seguir resume o desempenho dos estudantes.

Gráfico 5 – Desempenho nas disciplinas de Matemática e Língua Portuguesa de 441 alunos em avaliação de múltipla escolha multidisciplinar com 90 itens.



Fonte: Anexo 1.

Um primeiro passo para a leitura desses resultados seria o cálculo das medidas de posição-central (média, mediana e moda). Esses valores estão expressos na tabela a seguir.

Tabela 8 – Média, mediana e moda dos desempenhos em Matemática e Língua Portuguesa

	Matemática	Língua Portuguesa
Média	54,5	53,7
Mediana	50	56,25
Moda	40	56,25

Fonte: Anexo 1.

Apesar das medidas de posição serem muito próximas, especialmente a média aritmética, o Gráfico 5 mostra que a distribuição das notas em Matemática possui maior variabilidade se comparada à distribuição das notas em Língua Portuguesa, considerando que, no caso dessa última, há maior concentração de alunos com desempenho em torno da média. Para quantificar a dispersão dos resultados em torno da média, utilizam-se, com frequência, o desvio-padrão e o coeficiente de variação.¹⁰

O desvio-padrão é definido matematicamente por:

¹⁰ Outros indicadores podem ser utilizados para quantificar a dispersão de resultados, como o desvio médio e a variância. Optou-se pela discussão dos mais utilizados, justamente o desvio-padrão e o coeficiente de variação.

$$dp(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Onde:

x_i = elemento i da distribuição

$\bar{x}$ = média aritmética

n = número de termos

Em consonância com a intencionalidade deste trabalho, não serão discutidos os procedimentos matemáticos para o cálculo do desvio-padrão com uso da equação acima. Diversos *softwares* efetuam esses cálculos de forma automática, e dessa forma serão analisados os significados do desvio-padrão e sua aplicação a situações educacionais.

De acordo com Medeiros (2007, p. 99) “quanto maior for o desvio padrão, maior será a heterogeneidade entre os valores que estão sendo analisados. Isso significa, portanto, que quanto maior for o desvio padrão, maior será a variação entre os valores”. O mesmo autor afirma que, no caso de o desvio-padrão ser nulo (igual a zero) “significa que não há variação alguma no conjunto, portanto, é um conjunto homogêneo”. Nessa situação, as distâncias entre cada observação da distribuição (x_i) e a média ($\bar{x}$) serão nulas, e cada termo $(x_i - \bar{x}) = 0$, determinando que $dp(x) = 0$, de acordo com a expressão que define o desvio-padrão.

Morettin e Bussab (2013, p. 41) atribuem um significado específico ao desvio-padrão, ao enunciar que ele aponta “qual será o ‘erro’ (desvio) cometido ao tentar substituir cada observação pela medida resumo do conjunto de dados (no caso a média)”. Mandim (2001, p. 88) ressalta a utilização do desvio-padrão como a “medida de dispersão mais usada”.

Durost e Prescott (1962, p. 126) definem o desvio-padrão: “It expresses the standing of an individual in a distribution relative to the mean in terms that are comparable from one set of scores to another”¹¹.

O desvio-padrão tem a mesma unidade de medida das grandezas observadas. Se a idade média de uma população for 18 com desvio-padrão de 3,

¹¹ Expressa a posição de um indivíduo em uma distribuição em relação à média de forma que sejam comparáveis diferentes conjuntos de resultados. Tradução minha.

é correto afirmar que a idade média desse grupo é de 18 anos com desvio-padrão de 3 anos.

Calculando os desvios-padrões das notas obtidas em Matemática e Língua Portuguesa constantes no Anexo 1, com uso do *software Excel*, obtém-se os seguintes valores.

Tabela 9 – Médias e desvios-padrões dos desempenhos em Matemática e Língua Portuguesa.

	Matemática	Língua Portuguesa
Média	54,5	53,7
Desvio-padrão	23,3	15,6

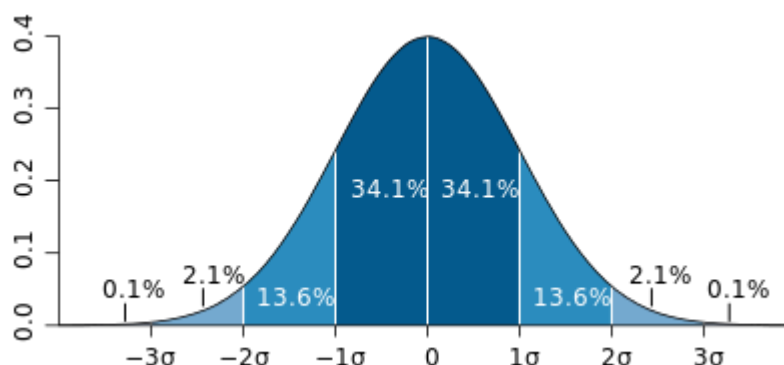
Fonte: Anexo 1.

A comparação entre os valores calculados dos desvios-padrões mostra que os resultados em Matemática estão mais dispersos em relação à média do que aqueles obtidos em Língua Portuguesa. Em outras palavras, há alunos com boa proficiência nos quesitos avaliados em Matemática, mas também há alunos que apresentam dificuldades, e a diferença de desempenho entre esses grupos é maior do que a variabilidade dos resultados observados em Língua Portuguesa. Analisando do ponto de vista da Língua Portuguesa, é possível afirmar que há mais alunos com desempenho próximo à média nessa disciplina.

No caso específico de uma distribuição normal¹², representada graficamente a seguir, o desvio-padrão determina intervalos que contêm percentuais conhecidos do número de observações.

¹² A curva normal é aquela que representa uma distribuição normal. Essa curva tem forma de sino, é unimodal e simétrica, e o seu valor de máxima frequência (moda) coincide com o valor da média e da mediana.

Gráfico 6 – Curva de distribuição normal ou gaussiana. Percentuais de observações contidas em intervalos unitários de desvios-padrões (σ) em torno na média.¹³



Fonte: https://www.monolitonimbus.com.br/wp-content/uploads/2016/10/Standard_deviation_diagram.png. Acesso em 01 jun. 2017

Nesse tipo de distribuição, o intervalo de 1 desvio-padrão em torno da média contém 68,2% das observações (34,1% acima da média e 34,1% abaixo da média). O intervalo de 2 desvios-padrões contém 95,4% das observações e o intervalo de 3 desvios-padrões contém 99,6% das observações.

Difícilmente resultados de avaliações educacionais apresentarão distribuições normais. Distribuições que se aproximam da distribuição normal tendem a se manifestar para amostras grandes, como prevê o Teorema do Limite Central¹⁴. Todavia, mesmo em casos menos simétricos, é possível afirmar que a maioria dos resultados estará contido no intervalo entre $(\bar{M} - \sigma)$ e $(\bar{M} + \sigma)$, e a quase totalidade dos resultados no intervalo $[\bar{M} - 2\sigma, \bar{M} + 2\sigma]$.

A partir dos dados da Tabela 9, é possível verificar a quantidade de observações (alunos) que obtiveram desempenho em Matemática e em Língua Portuguesa contidos nos intervalos $[\bar{M} - \sigma; \bar{M} + \sigma]$ e $[\bar{M} - 2\sigma; \bar{M} + 2\sigma]$. Utilizando os dados dessa tabela, esses intervalos são delimitados por:

¹³ A letra grega σ é utilizada para representar o desvio-padrão, da mesma forma que a abreviação *dp*.

¹⁴ O teorema do limite central apregoa que para amostras suficientemente grandes, a distribuição da média tende a uma distribuição normal.

Tabela 10 – Médias, desvios-padrões e intervalos, considerando uma distribuição normal, dos desempenhos em Matemática e em Língua Portuguesa.

	Matemática	Língua Portuguesa
Média ($\bar{M}$)	54,5	53,7
Desvio-padrão (σ)	23,3	15,6
($\bar{M} - \sigma$)	31,2	38,1
($\bar{M} + \sigma$)	77,8	69,3
($\bar{M} - 2\sigma$)	7,9	22,5
($\bar{M} + 2\sigma$)	100	84,9

Fonte: Tabela 9.

A quantidade de alunos contidos em cada intervalo corresponde a:

Tabela 11 – Quantidade de alunos com desempenho em Matemática e em Língua Portuguesa contidos nos intervalos indicados.

Matemática			Língua Portuguesa	
Intervalo	Limites	Quantidade de alunos	Intervalo	Quantidade de alunos
$[\bar{M} - \sigma, \bar{M} + \sigma]$	[31,2;77,8]	200 ou 45,4% de 441 alunos	[38,1;69,3]	337 ou 76,4% de 441 alunos
$[\bar{M} - 2\sigma, \bar{M} + 2\sigma]$	[7,9; 100]	440 ou 99,8% de 441 alunos	[22,5;84,9]	423 ou 95,9% de 441 alunos

Fonte: Tabela 10 e dados do Anexo 1.

Com a finalidade de permitir melhor comparação entre as variabilidades de duas observações distintas, é comum o cálculo do coeficiente de variação. De acordo com Kalil, citado por Mohallen (2008), “o coeficiente da variação é a única (medida) que permite a comparação da dispersão entre diferentes trabalhos e mesmo entre diferentes variáveis, sendo considerada uma medida de dispersão relativa.” O coeficiente de variação, expresso em porcentagem, é determinado por:

$$Cv = \frac{\sigma (\text{desvio padrão})}{\bar{M}(\text{média})} \cdot 100$$

Em que C_v representa o coeficiente de variação, σ o desvio-padrão e $\bar{M}$ a média aritmética.

Por meio das informações contidas na Tabela 9, os coeficientes de variação dos resultados obtidos em Matemática e em Língua Portuguesa são:

Tabela 12 – Médias, desvios-padrões e coeficientes de variação dos desempenhos em Matemática e em Língua Portuguesa.

	Matemática	Língua Portuguesa
Média	54,5	53,7
Desvio-padrão	23,3	15,6
Coeficiente de variação	42,8%	29,1%

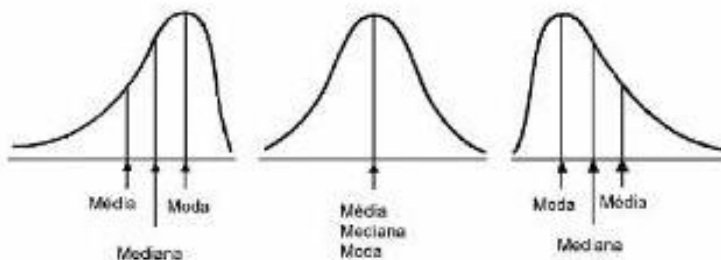
Fonte: Tabela 9 e dados do Anexo 1.

O que ratifica a constatação de que os resultados obtidos em matemática são mais dispersos em torno da média do que a dispersão das notas, também em torno da média, em Língua Portuguesa. De acordo com Guilford (1942), o coeficiente de variação determina a porcentagem que o desvio-padrão representa da média. Assim, é possível verificar que o valor do desvio-padrão em Matemática (23,3) representa 42,8% do valor da média (54,5) nessa disciplina, ao passo que, em Língua Portuguesa, o desvio-padrão (15,6) representa 29,1% da média (53,7). Quanto maior o coeficiente de variação, maior o percentual do desvio-padrão em relação à média e mais dispersos estarão os resultados em torno dela.

2.1.6. GRUPOS DE DESEMPENHO – QUARTIS E ESTANINOS

A média e o desvio-padrão permitem uma boa interpretação do posicionamento central dos dados e de sua variabilidade, mas pouco indicam sobre a simetria das observações. Em relação a esse aspecto, Morettin e Bussab (2013, p. 43) afirmam que ambas as informações (média e desvio-padrão), podem ser insuficientes para representar um conjunto de dados à medida que “a) são afetados, de forma geral, por valores extremos e b) apenas com estes dois valores não temos ideia da simetria ou assimetria da distribuição dos dados”.

Gráfico 7 – Distribuições simétricas e assimétricas e o posicionamento da média, mediana e moda.



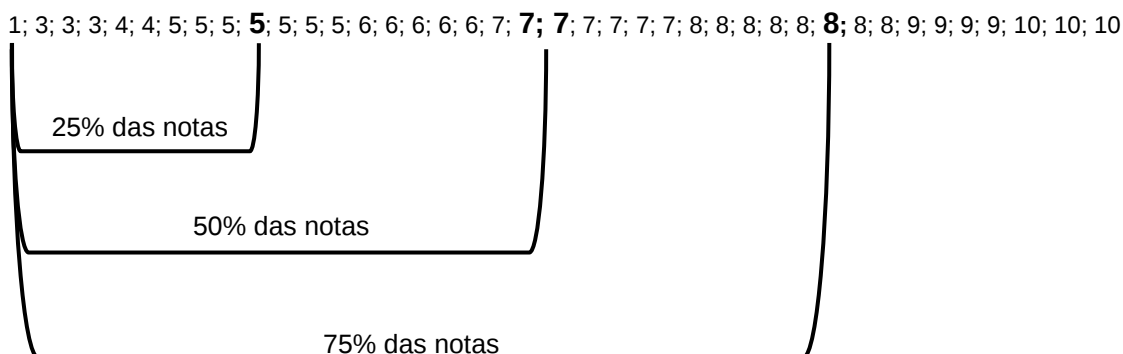
O gráfico da esquerda mostra uma assimetria à esquerda (negativa), o gráfico central uma distribuição simétrica e o da direita uma assimetria à direita (positiva). Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAEs4EAL/assimetria-probabilidade-estatistica>. Acesso em 01 jul.2018

Com o intuito de se verificar a simetria das observações, é comum a divisão dos dados em *quantis*, que correspondem a separatrizes que dividem o intervalo de frequência de uma população, ou de uma amostra¹⁵, em partes iguais. No caso específico da divisão das observações em 4 subconjuntos iguais, os respectivos *quantis* são chamados *quartis*. Os quartis são “separatrizes que dividem o conjunto de valores ou distribuição em 4 partes iguais” (MANDIM, 2001, p. 63). Assim, o 1º quartil é o valor em que 25% das observações são inferiores a ele. O 2º quartil¹⁶ é o valor em que 50% das observações estão abaixo dele e o 3º quartil é o valor que está acima de 75% das observações. As notas obtidas pelos alunos na situação hipotética representada na tabela 1.2 permitem determinar os quartis dessa distribuição, como mostra o quadro a seguir

¹⁵ Para a separação da amostra em *quantis*, é necessário que os dados estejam ordenados em ordem crescente

¹⁶ O 2º quartil coincide com a mediana.

Quadro 2 – Esquema representativo da distribuição em quartis das notas indicadas na Tabela 2.



Fonte: Elaboração própria

O valor que delimita 25% das observações, no sentido da menor para a maior, é o 5 indicado em negrito no Quadro 2, sendo ele o valor correspondente ao 1º quartil ($q_1 = 5$). De modo análogo, o 2º quartil é dado por $q_2 = \frac{7+7}{2} = 7$, sendo que as duas notas 7 correspondem aos valores centrais da distribuição. O 3º quartil é o algarismo 8, destacado no Quadro 2 ($q_3 = 8$).

Os valores dos quartis permitem obter a **dispersão inferior** (MORETTIN e BUSSAB, 2013, p. 48), definida pela diferença entre o valor do 2º quartil e o 1º termo ($q_2 - x_1$). De forma análoga, é possível determinar a **dispersão superior**, calculada pela diferença entre o último termo e o 2º quartil ($x_n - q_2$). Ressalta-se que os valores citados anteriormente, relacionados à simetria das observações, podem ser obtidos de modo prático por meio de planilhas eletrônicas ou softwares estatísticos, como será visto em atividade do plano de formação do CAPÍTULO 3 – PLANO DE FORMAÇÃO.

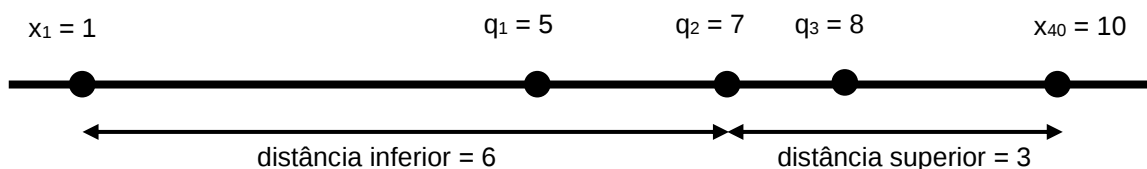
Considerando as informações do Quadro 2, a tabela seguinte apresenta, de forma sintética, os valores representativos das simetrias dos dados indicados no quadro.

Tabela 13 – Termos da distribuição representada na Tabela 2.

Termo	Valor	Interpretação
x_1 (primeiro termo)	1	A menor nota obtida é 1.
q_1 (1º quartil)	5	Indica que 10 notas, de um total de 40, são iguais ou inferiores a 5.
q_2 (2º quartil)	7	Indica que 20 notas, de um total de 40, são iguais ou inferiores a 7.
q_3 (3º quartil)	8	Indica que 30 notas, de um total de 40, são iguais ou inferiores a 8.
x_n (último termo)	10	A maior nota obtida é 10.
$q_2 - x_1$ (dispersão inferior)	$7 - 1 = 6$	A distância entre a menor nota e a nota central é de 6 pontos.
$x_n - q_2$ (dispersão superior)	$10 - 7 = 3$	A distância entre a nota central e a maior nota é de 3 pontos.

Fonte: Tabela 2.

Os valores da dispersão inferior (6) e superior (3) indicados na Tabela 13 apontam que os dados estão mais dispersos em notas mais baixas do que em notas mais altas, revelando, em consonância com o Gráfico 7, uma assimetria à esquerda. Essa mesma conclusão pode ser feita por meio de um esquema como o indicado a seguir:

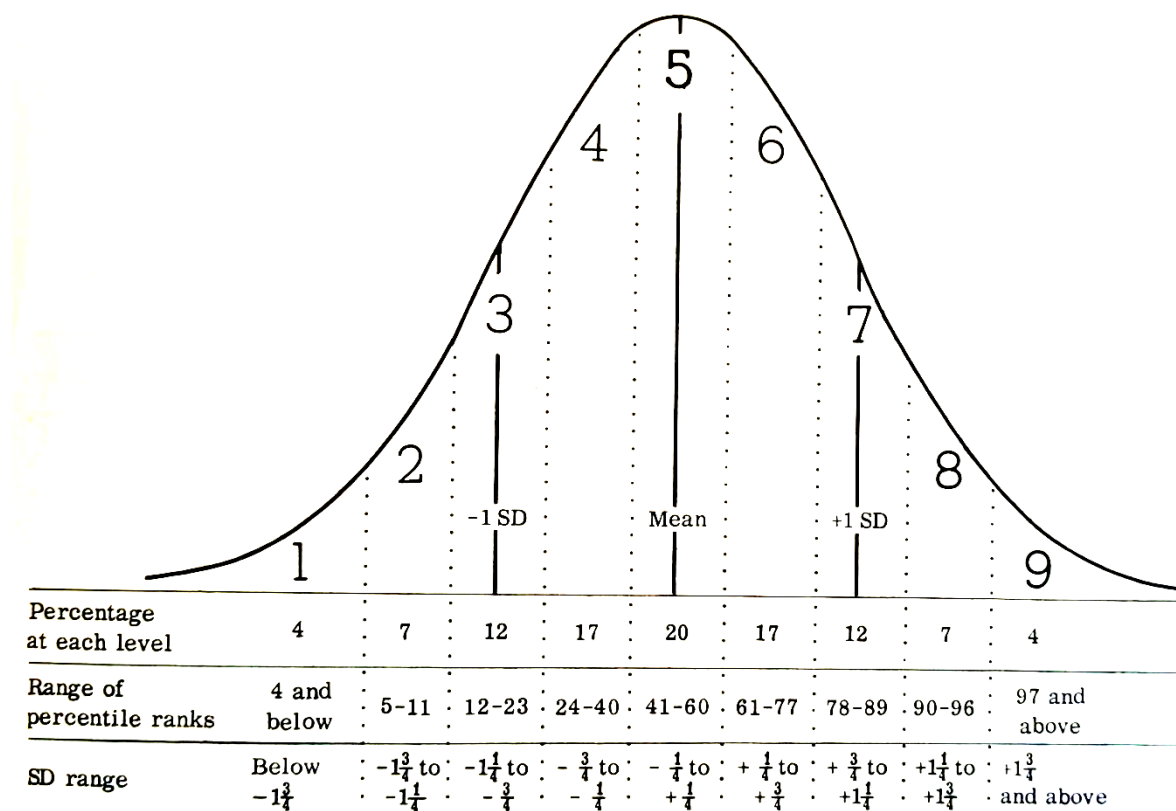
Quadro 3 – Quartis e distâncias para os dados indicados na Tabela 2.

Fonte: Elaboração própria

Além da divisão em quartis, os desempenhos dos estudantes podem ser agrupados em *estaninos*. De acordo com Durost e Prescott (1962, p. 126), o estanino é uma escala normalizada, determinada em torno da média, com nove divisões de mesmo comprimento, cada qual com magnitude de 1 desvio-padrão e ponto central 5.

O gráfico a seguir, representativo de uma distribuição normal, mostra a divisão dessa distribuição nos nove estaninos, relacionando-os aos percentuais de observações (proporcionais às áreas sob a curva), aos percentis e aos intervalos de desvios-padrões.

Gráfico 8 – Medidas do estanino em relação a outras medidas na distribuição normal.



Fonte: Durost e Prescott (1962, p. 127).

Durost e Prescott (1962) analisam a possibilidade de uso dos estaninos para a comparação dos desempenhos obtidos em diferentes testes. Essas comparações entre avaliações, entretanto, se tornam mais confiáveis à medida que o tamanho das amostras (número de alunos) aumenta, o que pode ser o caso dos resultados observados em várias turmas, em unidades escolares ou até mesmo em sistemas de ensino (regional, municipal, estadual etc.). Gráfico 8 mostra que, para cada estanino em uma distribuição normal, o percentual de casos é pré-determinado, o que permite a comparação com o percentual de observações em uma determinada amostra. Utilizando os resultados da avaliação de conhecimento indicados no Anexo 1 obtém-se, para aquela situação, os seguintes agrupamentos em estaninos:

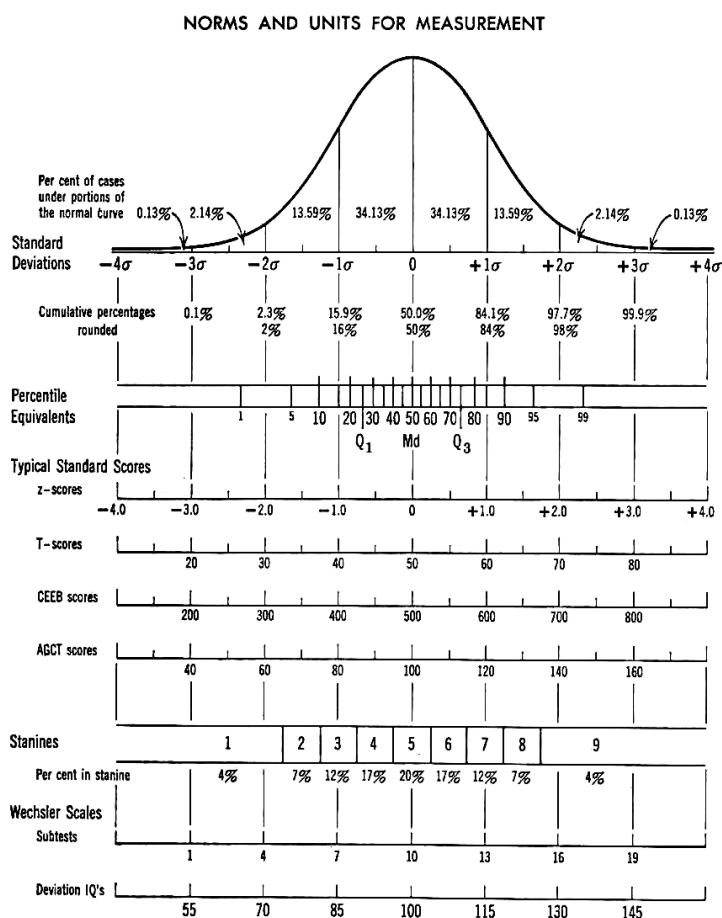
Tabela 14 – Resultados obtidos em Matemática e em Língua Portuguesa na situação descrita no Anexo 1 agrupados em Estaninos¹⁷

Estanino	% esperada em cada nível na distribuição normal	Matemática		Português	
		Nº alunos	% observada	Nº alunos	% observada
1	4	20	5	27	6
2	7	23	5	19	4
3	12	50	11	38	9
4	17	78	18	55	12
5	20	122	28	143	32
6	17	44	10	61	14
7	12	50	11	40	9
8	7	42	10	34	8
9	4	12	3	24	5

Fonte: Anexo 1.

Diversas escalas podem ser utilizadas para as medidas e os agrupamentos dos resultados de desempenho em avaliações educacionais. O esquema a seguir apresenta a relação de algumas escalas com a distribuição normal.

Gráfico 9 – Relações entre a distribuição normal e diversas escalas derivadas.



Fonte: https://filedb.experts-exchange.com/incoming/2016/10_w43/1123334/Norms-and-Units-for-Measurement.jpg. Acesso em: 12 jul.17

¹⁷ Os cálculos realizados para a obtenção dos valores expressos nessa tabela estão descritos no Apêndice 1.

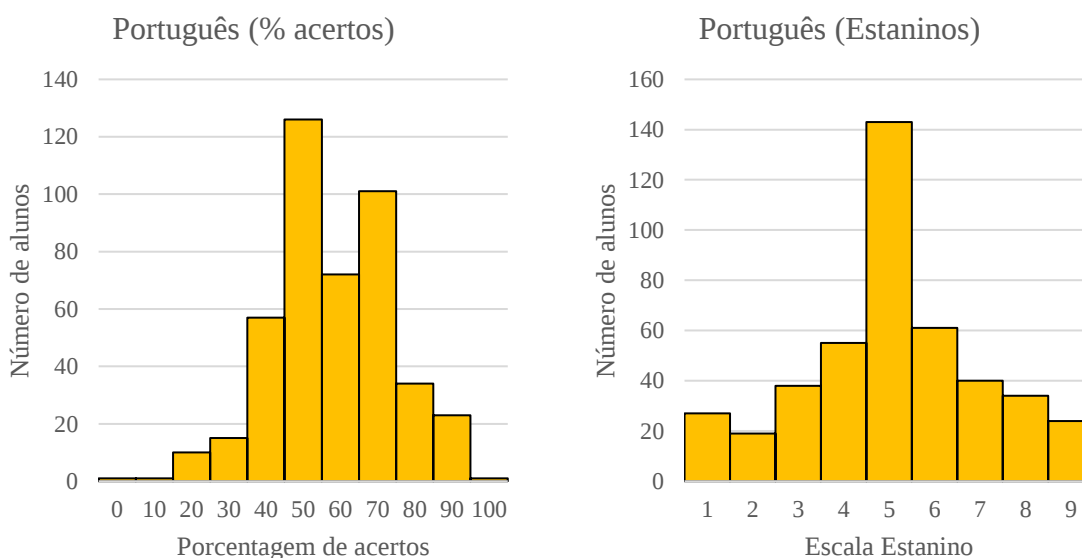
A transformação para estatinos é aconselhada para distribuições pouco simétricas, as quais ocorrem frequentemente nas situações educacionais.

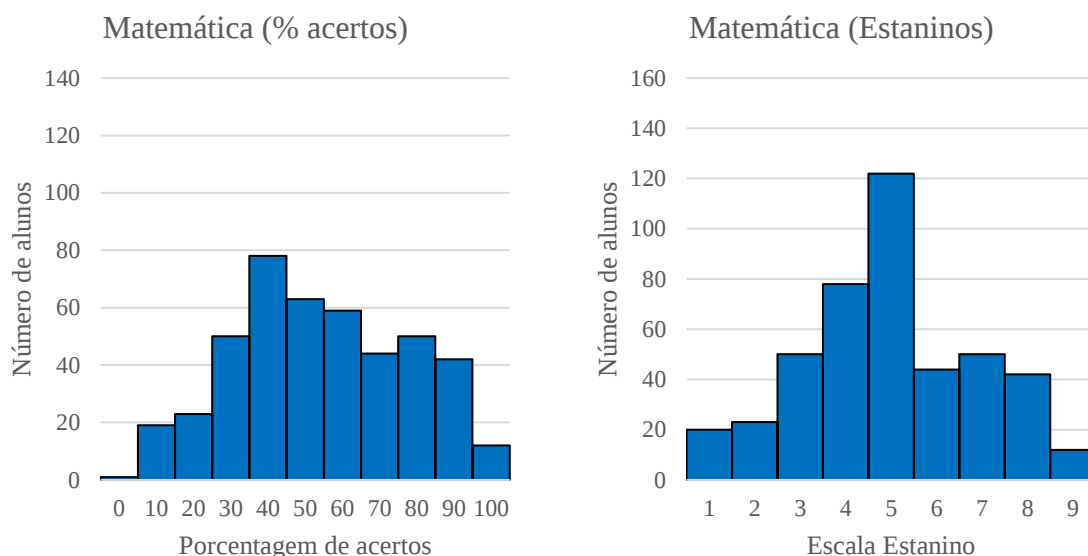
“Vários procedimentos estatísticos são baseados na suposição de que os dados provêm de uma distribuição normal (em forma de sino) ou então mais ou menos simétrica. Mas, em muitas situações de interesse prático, a distribuição dos dados da amostra é assimétrica e pode conter valores atípicos (...).

Se quisermos utilizar tais procedimentos, o que se propõe é efetuar uma transformação das observações, de modo a se obter uma distribuição mais simétrica e próxima da normal.” (MORETTIN e BUSSAB, 2013, p. 8)

Os gráficos a seguir representam a distribuição dos resultados obtidos em Matemática e em Língua Portuguesa com base nos dados apresentados no Anexo 1. Ao lado de cada gráfico é indicada uma nova distribuição com base na transformação em estatinos. É possível observar um perfil mais próximo da curva normal.

Quadro 4 – Comparativo da distribuição dos desempenhos em Língua Portuguesa e em Matemática dos resultados expressos no Anexo 1, em percentuais de acertos e na escala estano.





Fonte: Anexo 1.

2.1.7. NOTA (ESCORE) PADRONIZADA

Uma questão que pode ser do interesse de um estudante é a comparação de seu desempenho com os dos companheiros da turma. Um desempenho 7,0 em determinada avaliação pode ser suficiente para fins de aprovação, entretanto, o que esse resultado pode apontar no confronto com os demais estudantes? Se a média da classe for 5,0 com desvio-padrão de 1,0, é possível concluir que o aluno com desempenho 7,0 encontra-se no grupo superior. Todavia, se a turma obtiver média 9,0 com o mesmo desvio-padrão, o aluno integrará o grupo inferior.

Uma forma possível de comparar resultados entre estudantes submetidos a um mesmo exame, especialmente para fins de classificação, é o uso da nota ou escore padronizado. Na padronização, a média e o desvio-padrão são estipulados previamente, e cada nota obtida pelos participantes é convertida em uma escala baseada na média e no desvio-padrão pré-determinados. Angoff (1984) apresenta o procedimento para a padronização de notas de cada aluno por meio da seguinte equação:

$$Z = \frac{(X - \bar{M}) \cdot dp(z)}{dp(X)} + \bar{M}_z$$

Onde:

Z = nota padronizada

X = nota obtida pelo estudante na avaliação (nota bruta)

$\bar{M}$ = média aritmética das notas brutas de todos os participantes (média bruta)

$dp(X)$ = desvio-padrão das notas brutas de todos os participantes da avaliação

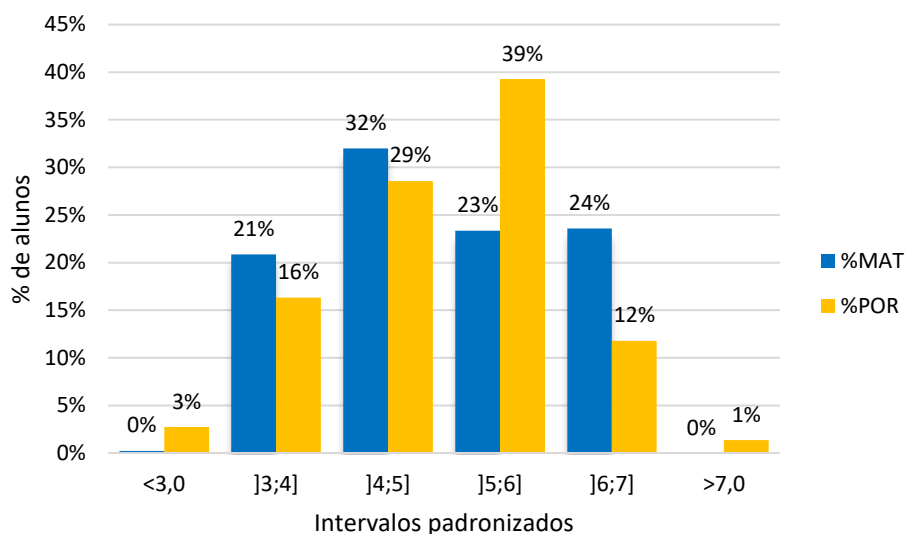
$dp(z)$ = desvio-padrão padronizado (estipulado aleatoriamente)

$\bar{M}_z$ = média aritmética padronizada (estipulada aleatoriamente)

De acordo com a Comissão Permanente para os Vestibulares da Universidade de Campinas, “a padronização evita que uma prova muito difícil ou muito fácil num determinado ano faça a diferença no desempenho dos candidatos daquele ano” (COMVEST, 2015, p. 42). No processo seletivo proposto para o ingresso naquela universidade, os desempenhos dos candidatos são convertidos em uma escala que adota média 500 e desvio padrão 100, ou seja, a média e o desvio-padrão são previamente fixados, de modo que a média e o desvio-padrão calculados a partir das notas obtidas pelos candidatos são convertidos (padronizados) para essa escala.

Analisando a utilidade da padronização por meio de um caso real, construiu-se o gráfico a seguir, que mostra os percentuais de alunos que obtiveram desempenhos agrupados em intervalos padronizados, tanto em Matemática quanto em Língua Portuguesa, na avaliação apresentada no Anexo 1. Neste caso, as notas foram padronizadas para média 5,0 e desvio-padrão 1,0, utilizando a equação apresentada por Angoff (1984) e analisada anteriormente, a qual foi adaptada para uma fórmula na planilha Excel.

Gráfico 10 – Percentual de alunos que obtiveram desempenho nos intervalos padronizados com média 5,0 e desvio-padrão 1,0.



Fonte: Anexo 1.

A padronização permite a comparação entre provas diferentes. Partindo dessa premissa, é possível verificar, analisando o gráfico, que nos intervalos padronizados abaixo da média estipulada (5,0), há percentuais maiores de notas obtidas em Matemática ($21\% + 32\% = 53\%$), comparados àqueles conquistados em Língua Portuguesa ($3\% + 16\% + 29\% = 48\%$). Por outro lado, acima da média padronizada, ocorre o contrário, com um total de $23\% + 24\% = 47\%$ em Matemática e $39\% + 12\% + 1\% = 52\%$ em Língua Portuguesa.

A uma distância de 2,0 desvios-padrões em torno da média, ou seja, com resultados abaixo de 3,0 e acima de 7,0, encontram-se os denominados “casos atípicos” (MORETTIN e BUSSAB, 2013, p. 67). Nessas extremidades, de acordo com o Gráfico 10, localizam-se apenas 3% do total de alunos com desempenho padronizado inferior a 3,0 em Língua Portuguesa e 1% do total de estudantes com desempenho padronizado acima de 7,0, na mesma disciplina. Não há resultados em Matemática nessas extremidades. Apesar dos casos atípicos serem poucos, parece adequado que o educador se atente a esses alunos, uma vez que eles podem expressar, por meio desses resultados, dificuldades acima das encontradas na turma, o que contribui para situações como a repetência ou até mesmo a evasão. Por outro lado, os resultados superiores podem revelar talentos e pessoas de alto desempenho acadêmico e que merecem ter seus potenciais aprimorados.

2.2. PARÂMETROS DESCRITIVOS DE ITENS DE AVALIAÇÃO PELA TEORIA CLÁSSICA DE MEDIDAS (TCM)

Nos itens anteriores do presente capítulo (Fundamentos Estatísticos) foram analisados aspectos básicos da estatística descritiva clássica aplicada aos resultados das avaliações da aprendizagem. Esses procedimentos são adequados para a observação crítica dos desempenhos globais, ou seja, a totalidade das atividades propostas aos estudantes, mas pouco elucidam sobre a validade¹⁸ dos itens específicos do exame. Em outras palavras, é possível estabelecer parâmetros que permitam quantificar e qualificar se um item mede com precisão aquilo que se quer avaliar em um aluno? Além disso, parece promissor para o professor ou para o coordenador pedagógico verificar se um item cumpre o seu papel, ou se ocorre o contrário. Uma questão ou atividade pode avaliar mal determinada habilidade ou conceito, pelos mais diversos motivos (problemas na redação do enunciado, ambiguidades, presença de distratores etc.). A Teoria Clássica das Medidas fornece parâmetros que podem ser utilizados para a análise de itens de avaliação. Mais uma vez, considerando a finalidade do trabalho, que visa a facilitar o entendimento por toda a comunidade docente, especialmente por aqueles pouco familiarizados com métodos quantitativos sofisticados, foram selecionados e serão prioritariamente discutidos os significados dos seguintes parâmetros utilizados para avaliar a validade de um item: a) índice de facilidade (ou de dificuldade); b) índice de discriminação; c) correlação entre o escore do item e o escore total.

2.2.1. ÍNDICE DE FACILIDADE OU DE DIFICULDADE

O Índice de Facilidade (IF)¹⁹ indica a proporção de participantes que acertou determinado item de uma avaliação. Quanto maior esse índice, mais fácil é a questão para o grupo de estudantes, o que indica que ela foi respondida corretamente por mais alunos. Primi (2012) atribui um significado específico para o Índice de Facilidade. De acordo com o autor, o Índice de Facilidade representa a

¹⁸ Vianna (1978) define a validade de um item como sua capacidade de medir exatamente aquilo que se pretende medir em relação a um determinado contexto (um certo curso, para um determinado professor etc.)

¹⁹ Alguns autores preferem utilizar o Índice de Dificuldade, que representa o percentual de alunos que errou determinado item de avaliação.

probabilidade de acerto do item por um aluno típico²⁰ da turma. A Comvest (2015) define o Índice de Facilidade (IF) por meio das seguintes equações:

- a) Para testes de múltipla escolha: $IF = PA$ (PA = proporção de acertos do item, expresso entre zero e um)
- b) Para questões dissertativas: $IF = \frac{\sum_i^n X_i}{N \times NM}$

Onde:

X_i = nota obtida na questão pelo i-ésimo estudante.

N = número de participantes do exame.

NM = nota máxima da questão.

No caso dos testes de múltipla escolha dicotômicos, que aceitam apenas as possibilidades “item correto ou incorreto”, a proporção de acertos corresponde ao percentual de alunos que acertou a questão. Se em determinada avaliação aplicada a 100 estudantes, 30 assinalaram a alternativa certa, então o percentual de acertos será $\frac{30 \text{ acertos}}{100 \text{ estudantes}} = 0,3$, o que implica $IF = 0,3$.

As questões dissertativas ou outros tipos de itens podem não aceitar apenas as opções correta e incorreta (dicotômica). Uma questão cuja pontuação máxima seja de 2 pontos, eventualmente pode atribuir frações dessa pontuação máxima para respostas parcialmente corretas. Em situações como essa, o cálculo do IF considera a média aritmética das notas recebidas pelos participantes do exame naquela determinada questão (a soma das notas obtidas individualmente dividido pelo número de participantes, indicado pelo termo $\frac{\sum_i^n X_i}{N}$) padronizada entre zero e um, o que é feito dividindo-se o resultado pela nota máxima da questão (NM). Em outras palavras, “o valor de IF é a nota média da questão normalizada entre zero e um” (COMVEST, 2015, p. 44).

O Índice de Facilidade pode variar de zero a 1. $IF = 1$ indica que 100% dos alunos acertaram o item, e $IF = 0$ aponta que todos os participantes erraram a questão. De modo geral “são considerados bons itens aqueles que possuem IF’s

²⁰ Entende-se a expressão “aluno típico” como representativo de um estudante cujo desempenho é próximo da média da turma.

entre 0,30 e 0,70, ou seja, perto de 0,50” (FERGUISON *apud* PRIMI, 2012, p. 305). A afirmação baseia-se no fato de que, para $IF=0,5$, a variância dos resultados é máxima, “já que dividem o grupo de sujeitos pela metade, permitindo a comparação dos 50 sujeitos que erraram daqueles 50 sujeitos que acertaram” (PRIMI, 2012, p. 305)²¹. Abordagem semelhante faz Vianna (1978) em relação aos possíveis valores do Índice de Facilidade. “É aconselhável que a dificuldade dos itens seja moderada, com um índice médio de 50%, a fim de que os escores se distribuam ao longo de toda a escala de valores possíveis” (VIANNA, 1978, p. 192). Com base nas afirmações dos autores citados, é possível construir uma tabela de classificação de itens em função de seus índices de facilidade:

Tabela 15 – Classificação de itens de avaliação com base nos valores do índice de facilidade (IF)

Índice de facilidade	Classificação do item
Acima de 0,70	Fácil
Entre 0,3 e 0,7	Moderado
Abaixo de 0,3	Difícil

Fonte: VIANNA, 1978.

De acordo com Vianna (1978), o índice de facilidade refere-se exclusivamente ao grupo avaliado. Dessa forma, um item pode ser considerado fácil para determinado grupo, mas pouco se pode prever sobre seu comportamento antes de ser aplicado a um outro grupo de alunos. Um professor experiente poderá estimar, fundamentado em sua vivência, se um determinado item é fácil, moderado ou difícil, mas a eficaz categorização ocorre somente após a aplicação aos alunos. Entretanto, para turmas de uma mesma série, em uma mesma escola, cujos alunos não foram divididos por critérios que diferenciem o desempenho entre as salas (como as notas obtidas na etapa anterior ou exames seletivos) os índices de facilidade de um item para diferentes turmas tendem a se aproximar, permitindo uma boa previsibilidade por parte do professor no que se refere à classificação daquele item.

²¹ O autor refere-se, no trecho original do artigo, a uma avaliação aplicada a 100 estudantes.

2.2.2. ÍNDICE DE DISCRIMINAÇÃO

O Índice de Discriminação (ID) “mede a capacidade do item em diferenciar os participantes de maior habilidade (...) daqueles de menor habilidade” (VENDRAMINI *et al.*, 2004, p. 489), ou ainda

“Define-se o índice de discriminação de um item em um teste como a diferença entre as médias do item calculadas no grupo superior e no grupo inferior. O grupo superior é constituído usualmente por 27% dos indivíduos que responderam ao teste: aqueles que obtiveram os maiores escores totais. O grupo inferior também é usualmente constituído por 27% dos indivíduos: aqueles que obtiveram os menores escores totais.” (SILVEIRA 1983, p. 54)

O cálculo do Índice de Discriminação (ID) considera o percentual de acertos de determinado item por 27% dos alunos que obtiveram os maiores escores totais ($IF_{grupo superior}$) menos o percentual de acertos do mesmo item por 27% dos alunos que obtiveram os menores escores totais ($IF_{grupo inferior}$). Assim:

$$ID = IF_{grupo superior} - IF_{grupo inferior}$$

Os valores do Índice de Discriminação permitem classificá-los em relação à sua capacidade de discriminar os alunos de maior proficiência daqueles de menor proficiência em relação ao desempenho total no exame. A tabela a seguir apresenta diferentes classificações relacionadas aos valores de ID:

Tabela 16 – Classificação da capacidade de discriminação de um item em função de diferentes valores dos índices de discriminação (ID).

Índice de discriminação	Classificação
Acima de 0,4	Boa discriminação
Entre 0,3 e 0,4	Boa discriminação, mas item sujeito a aprimoramento
Entre 0,2 e 0,3	Item marginal, sujeito a reelaboração
Abaixo de 0,2	Item deficiente, que deve ser rejeitado

Fonte: VIANNA, 1978, p. 193

O Índice de Discriminação possui propriedades que devem ser consideradas para fins de análise de itens educacionais, dentre os quais, de acordo com Silveira (1983), são:

- a) O índice de discriminação depende da extensão dos grupos extremos (maior e menor proficiência). Se cada grupo contiver menos que os usuais 27% do total de avaliados, o índice tende a aumentar.
- b) O índice de discriminação depende do desvio-padrão dos escores do item. Quanto maior o desvio-padrão, maior o índice de discriminação.
- c) Como consequência da propriedade anterior, itens de dificuldade mediana (que apresentam os maiores desvios-padrões) tendem a possuir os maiores índices de discriminação.
- d) O índice de discriminação depende do grupo de alunos que realizou o exame. “O índice de discriminação indica o quanto a questão discriminou para aquele grupo que se submeteu à prova, ou seja, para outro grupo a questão pode ser mais ou menos discriminativa”. (COMVEST 2015, p.44-45)

A capacidade de discriminação de um item de avaliação pode ser afetada por diversos fatores, como destaca Vianna (1978):

- a) Ambiguidade na apresentação de um item;
- b) Extrema facilidade ou dificuldade do item;
- c) Uso de uma chave de correção errada;
- d) Emprego de itens sobre assuntos importantes, mas que não integram o contexto geral do instrumento de medida; ou assuntos que não foram suficientemente explorados ou apresentados em classe ou no livro-texto;
- e) Uso de itens que procuram verificar comportamentos que não foram estimulados nem desenvolvidos. (VIANNA, 1978, p.193)

Os fatores citados apontam que a análise dos itens de avaliação com uso do Índice de Discriminação demanda, por parte do professor, uma capacidade de análise crítica, uma vez que os valores dos índices de discriminação podem indicar diversos aspectos relativos ao aprendizado dos alunos ou da qualidade do item. A ambiguidade na apresentação de um enunciado eventualmente desperta implicações e reflexões não previstas pelo professor nos alunos de maior proficiência, induzindo-os ao erro por discordarem daquela que seria a resposta apropriada, ou por acharem outras resoluções. Os alunos menos proficientes, por outro lado, não se atentarão às tais implicações, e tenderão a resolver o item

conforme previsto pelo educador. Em decorrência de uma situação como essa, o Índice de Discriminação poderá ser negativo, uma vez que os acertos do grupo superior podem ser inferiores aos acertos do grupo inferior. Caberá ao educador atentar para o fato de que há um problema no item, e que nada se poderá concluir sobre a proficiência dos alunos naquela habilidade ou conteúdo pretensamente avaliado.

Assim como ocorre na ambiguidade dos enunciados, itens muitos fáceis ou difíceis, os quais apresentam baixo poder de discriminação, merecerão atenção especial do professor. Em uma perspectiva de uma avaliação da aprendizagem, é desejável que a maioria dos estudantes aprenda com fluência, ou seja, os índices de facilidade poderão ser elevados e, conseqüentemente, a discriminação baixa, e isso indicará um sucesso do ensino-aprendizagem. Nesse caso hipotético, o professor tem condições de inferir que há espaço para o aprofundamento da abordagem e a apresentação de situações mais desafiadoras.

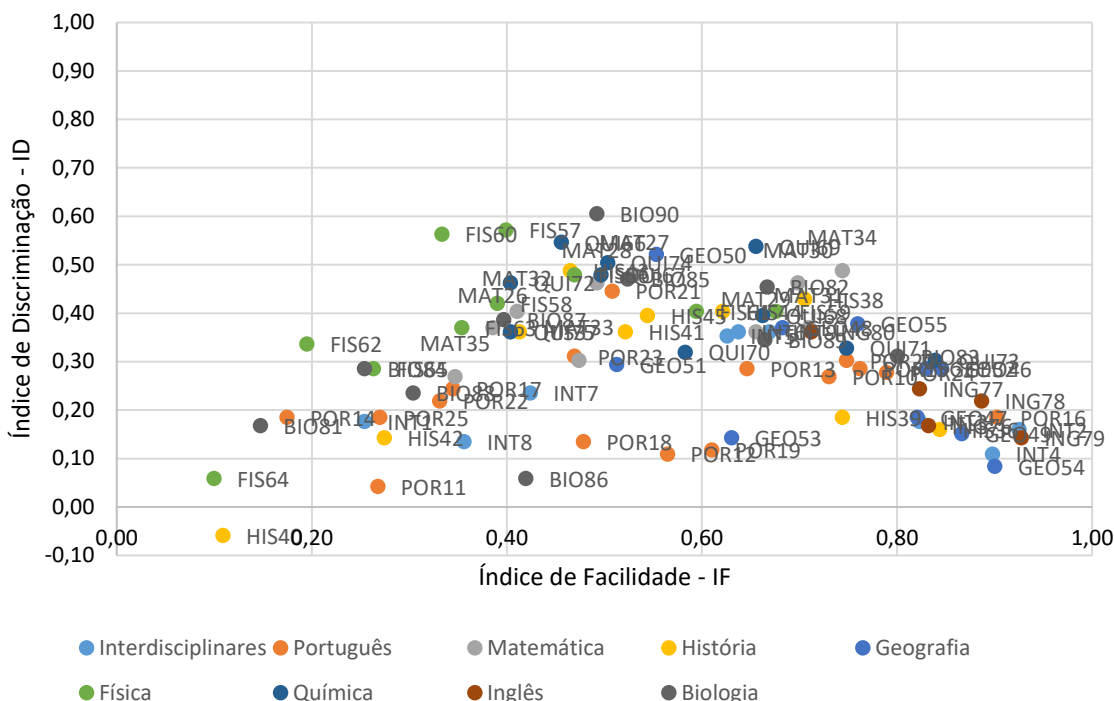
A correção dos itens, como aponta o critério “c” dos fatores indicados por Vianna (1978), deve estar pautada em critérios coerentes. Correções descuidadas ou com critérios não consistentes afetarão as medidas de IF e ID, e sua utilização para a avaliação dos itens e do aprendizado estará comprometida.

Por fim, os dois últimos itens descritos por Vianna (1978) relacionam-se, em maior ou menor grau, a um princípio básico da avaliação da aprendizagem: avalie-se o que se ensina. Itens que avaliam comportamentos ou conceitos não desenvolvidos de forma adequada com os estudantes não terão validade, e os indicadores de facilidade e discriminação não poderão ser utilizados.

Se forem considerados criticamente os fatores apontados, a “análise de itens proporciona elementos que possibilitam ao professor diagnosticar problemas de aprendizagem” (VIANNA, 1978, p.198)

É comum a elaboração de diagramas que apresentam os valores combinados do Índice de Facilidade (IF) e do Índice de Discriminação (ID) para cada item de uma avaliação. O esquema a seguir representa valores reais de IF e ID para itens de uma avaliação de múltipla escolha aplicada para alunos do 3º ano do Ensino Médio em uma escola da rede privada de São Paulo. O teste era composto por 90 itens.

Gráfico 11 – Índices de Facilidade (IF) e Índices de Discriminação (ID) para cada um dos 90 itens de uma avaliação de múltipla escolha aplicada para 441 estudantes das 3^{as} séries do Ensino Médio em uma escola da rede privada de São Paulo.



Fonte: Anexo 2.

A análise criteriosa de gráficos, como o Gráfico 11, permitem a proposição de diversas hipóteses e inferências por parte do educador. Algumas delas serão discutidas no plano de formação, na parte II desse trabalho. Todavia, algumas observações preliminares podem ser feitas. De modo geral, as questões propostas pouco diferenciaram os estudantes mais habilidosos daqueles menos proficientes, dado os baixos valores de ID. Os maiores índices de discriminação correspondem às questões com IF em torno de 0,5 (como prevê a propriedade “c”). Os itens mais difíceis, assim como os mais fáceis, são aqueles com os menores valores de ID, apontando que tanto os estudantes mais proficientes quanto os menos proficientes tendem a errar as questões mais difíceis e acertarem as mais fáceis. Há uma questão (HIS 4) cujo ID é negativo, revelando, paradoxalmente, que os alunos com menores desempenhos na prova como um todo obtiveram mais acertos nesse item do que aqueles com os maiores escores totais. O ideal seria que análises quantitativas como essas fossem acompanhadas de estudos qualitativos, como a verificação da qualidade da redação dos itens, clareza das perguntas, correção conceitual, verificação dos distratores, adequação ao perfil do grupo avaliado,

consonância com as metodologias utilizadas no ensino, reflexões sobre o aprendizado dos estudantes, dentre outros.

2.2.3. COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO PONTO-BISSERIAL

Pode ser do interesse do educador investigar possíveis relações entre o desempenho dos alunos em determinada disciplina com os resultados do teste, em um exame multidisciplinar. Ou ainda, analisar correlações entre os desempenhos nas diferentes disciplinas. O desempenho dos alunos em Física e em Matemática podem estar relacionados, ou seja, aqueles que obtiveram boas notas em Física conquistaram boas notas em Matemática? O mesmo se pode afirmar para o desempenho em Geografia e História, considerando que ambas as disciplinas pertencem à área das ciências humanas? Mais que isso, pode ser útil para o professor ou para o coordenador pedagógico investigar possíveis relações entre o desempenho dos estudantes e fatores de naturezas diversas, como a renda familiar, o turno letivo ou a faixa etária.

No caso específico dos testes dicotômicos, cujas opções de respostas são “correto” ou “incorreto”, a correlação entre os resultados em um item e o desempenho no teste pode ser estimado pelo coeficiente de correlação ponto-bisserial, que “fornece uma medida da relação entre uma variável contínua, e outra variável com duas categorias ou dicotômicas (...)”. (FERGUNSON, *apud* LIRA e NETO, 2006, p. 46)

O coeficiente de correlação ponto-bisserial, também chamado de coeficiente de correlação item-escore do teste, é

usado para se medir a correlação entre uma variável nominal dicotômica e uma variável numérica. Na verdade, ele é apenas um caso especial do coeficiente de correlação de Pearson, e o cálculo do coeficiente de correlação ponto-bisserial é feito da mesma maneira que se calcula o coeficiente de correlação de Pearson, só que com os valores da variável dicotômica sendo os do código numérico binário escolhido. (ROQUE, 2015, p.2)

Lira e Neto (2006), a partir da equação do coeficiente de correlação linear de Pearson²², obtiveram um fórmula específica para a determinação da correlação ponto-bisserial, indicada a seguir:

$$\rho_{pb} = \frac{(\bar{X}_p - \bar{X})}{S_x} \cdot \sqrt{\frac{p}{q}}$$

Onde:

ρ_{pb} é o coeficiente de correlação ponto-bisserial;

$\bar{X}_p$ é a média dos escores totais do grupo superior (grupo que acertou o item);

$\bar{X}$ é a média dos escores de todos os participantes;

S_x é o desvio padrão dos escores de todos os participantes;

p é a proporção de casos do grupo superior;

q é a proporção de casos do grupo inferior.

Silveira (1981) deduz uma relação que permite determinar o coeficiente de correlação entre o escore do item e o escore total (ponto-bisserial) em função do índice de discriminação do item, por meio da equação:

$$\rho_{pb} = \frac{ID_i}{K_{Si} \cdot S_i}$$

Em que:

ID_i é o Índice de Discriminação do i-ésimo item;

K_{Si} é uma constante que depende da dimensão dos grupos superior e inferior. Para grupos superior e inferior constituídos por 27% dos participantes, $K_{Si} = 2,45$;

S_i é o desvio-padrão do escore do i-ésimo item.

A planilha eletrônica Excel determina o ponto-bisserial por meio da função “PEARSON”²³, que será o método utilizado neste trabalho para o cálculo desse coeficiente.

²² O coeficiente de correlação linear de Pearson é amplamente discutido em livros de estatística básica.

²³ Informações sobre a função PEARSON da planilha Excel podem ser obtidas em <https://support.office.com/>

Utilizando as informações presentes no Anexo II, foi determinado o coeficiente de correlação ponto-bisserial para cada questão de um teste de 90 itens proposto para 441 estudantes de uma escola privada de São Paulo.

Tabela 17 – Coeficientes de correlação ponto-bisserial (pb) das 90 questões aplicadas para 441 alunos dos 3º anos do Ensino Médio em escola privada do município de São Paulo.

Questão	pb	GEO55	0,35	BIO83	0,30	BIO88	0,21
FIS60	0,51	FIS61	0,34	POR15	0,30	POR25	0,20
FIS57	0,50	HIS37	0,34	HIS41	0,29	INT1	0,19
BIO90	0,48	MAT32	0,33	MAT26	0,29	HIS36	0,19
QUI69	0,43	HIS38	0,33	MAT33	0,28	ING76	0,18
QUI66	0,41	QUI73	0,33	INT9	0,27	POR22	0,18
QUI72	0,41	MAT31	0,33	INT6	0,27	INT3	0,18
MAT34	0,41	ING80	0,31	QUI70	0,27	HIS39	0,18
BIO85	0,41	FIS65	0,31	ING77	0,27	BIO81	0,18
MAT27	0,40	INT5	0,31	GEO51	0,27	INT4	0,17
QUI74	0,40	BIO87	0,31	POR13	0,26	POR14	0,16
GEO50	0,40	MAT29	0,31	POR20	0,25	GEO54	0,15
MAT30	0,39	GEO46	0,31	GEO47	0,25	HIS42	0,14
QUI67	0,39	BIO89	0,31	POR10	0,24	POR19	0,14
FIS56	0,39	GEO48	0,31	ING78	0,24	FIS64	0,12
FIS63	0,38	POR21	0,30	POR23	0,24	GEO53	0,12
FIS62	0,38	POR24	0,30	INT7	0,23	POR11	0,09
BIO82	0,38	QUI71	0,30	POR16	0,23	INT8	0,09
HIS43	0,38	BIO84	0,30	GEO49	0,22	BIO86	0,08
FIS59	0,37	QUI75	0,30	ING79	0,21	POR18	0,07
MAT28	0,37	GEO52	0,30	POR17	0,21	POR12	0,06
FIS58	0,36	HIS44	0,30	MAT35	0,21	HIS40	-0,08
QUI68	0,36	HIS45	0,30	INT2	0,21		

Fonte: Anexo 2

A interpretação dos resultados apontados na Tabela 17 pode ser feita por meio das informações indicadas na Tabela 18, a qual indica o “grau” de associação entre as variáveis em função de intervalos de valores do coeficiente de correlação.

Tabela 18 – Medida da correlação entre uma variável dicotômica e outra contínua em função de intervalos de valores do coeficiente de correlação.

Size of Correlation (intervalo do coeficiente de correlação)	Interpretation (interpretação)
0.90 to 1.00 (–0.90 to –1.00)	Very high positive (negative) correlation (Correlação positiva (negativa) muito alta)
0.70 to 0.90 (–0.70 to –0.90)	High positive (negative) correlation (Correlação positiva (negativa) alta)
0.50 to 0.70 (–0.50 to –0.70)	Moderate positive (negative) correlation (Correlação positiva (negativa) moderada)
0.30 to 0.50 (–0.30 to –0.50)	Low positive (negative) correlation (Correlação positiva (negativa) baixa)
0.00 to 0.30 (0.00 to –0.30)	negligible correlation (não há correlação)

Fonte: MALAWI, Medical Journal. A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. Artigo. 2012 Sep; 24(3): 69–71. Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3576830/>. Acesso em: 21 jul. 2017.

É possível inferir, com bases nos dados das Tabela 17 e Tabela 18, que a correlação entre a maior parte dos itens do teste e o escore total foi baixa e positiva ou não houve correlação.

Para o mesmo teste analisado, foram calculados os coeficientes de correlação ponto-bisserial entre os resultados obtidos nas disciplinas, cujos resultados estão indicados na tabela a seguir:

Tabela 19 – Coeficientes de correlação ponto-bisserial entre os resultados observados pelas disciplinas avaliadas no teste apontado no Anexo II.

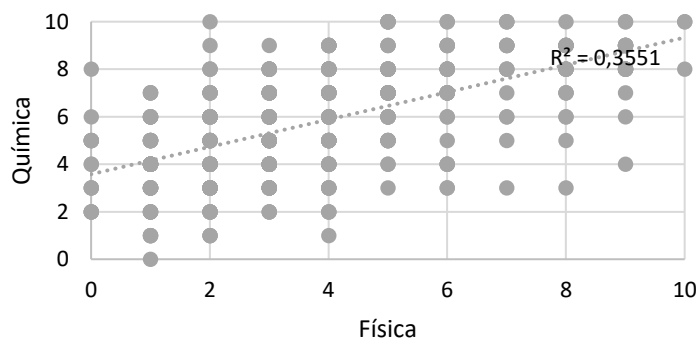
	INT	POR	MAT	HIS	GEO	FIS	QUI	ING	BIO
INT	1,00	0,24	0,34	0,36	0,32	0,29	0,29	0,22	0,31
POR	0,24	1,00	0,18	0,31	0,33	0,23	0,30	0,29	0,30
MAT	0,34	0,18	1,00	0,22	0,26	0,56	0,54	0,22	0,42
HIS	0,36	0,31	0,22	1,00	0,38	0,33	0,33	0,24	0,36
GEO	0,32	0,33	0,26	0,38	1,00	0,30	0,36	0,24	0,36
FIS	0,29	0,23	0,56	0,33	0,30	1,00	0,60	0,21	0,48
QUI	0,29	0,30	0,54	0,33	0,36	0,60	1,00	0,27	0,52
ING	0,22	0,29	0,22	0,24	0,24	0,21	0,27	1,00	0,29
BIO	0,31	0,30	0,42	0,36	0,36	0,48	0,52	0,29	1,00

Fonte: Anexo 2.

Com base nos dados da Tabela 19, é possível verificar que a maior correlação ocorreu entre os resultados obtidos pelos estudantes em Física e em Química, indicados em negrito. Os resultados obtidos nessas disciplinas estão moderadamente relacionados positivamente (notas mais altas obtidas em Física tendem a se relacionar com notas mais altas em Química, e vice-versa). O gráfico

a seguir apresenta todos os pares de notas obtidas em Física e em Química no teste analisado.

Gráfico 12 – Pares ordenados do número de acertos obtidos em Física e em Química pelos estudantes participantes do teste descrito no Anexo 2.



Fonte: Anexo 2.

O menor valor para o coeficiente de correlação, de acordo com a Tabela 19, encontra-se na intersecção entre os resultados obtidos em Matemática e em Língua Portuguesa. O coeficiente igual a 0,18 indica que não há associação entre os resultados obtidos pelos estudantes nas disciplinas, o que permite afirmar que alunos que obtiveram bons resultados em Matemática não obtiveram, necessariamente, resultados equivalentes em Língua Portuguesa. Ou, ainda, notas mais baixas em Português podem implicar em quaisquer notas em Matemática. Não há, portanto, qualquer correlação linear entre os escores.

Para fins de recapitulação e resumo, a Tabela 20, apresentada a seguir, sintetiza as características dos principais indicadores de medida da qualidade de itens de avaliação. A mesma tabela mostra situações ou exemplos educacionais, os quais contextualizam os significados dos indicadores.

Tabela 20 – Apresentação e possíveis interpretações educacionais de parâmetros utilizados para a análise de itens de testes educacionais de acordo com a Teoria Clássica dos Testes.

Indicador	Procedimento para obtenção	Interpretação Educacional
Índice de Facilidade ou de Dificuldade de um item (IF)	Testes dicotômicos (certo ou errado): $IF = PA$ Soma dos acertos do item dividido pelo número de participantes. Questões politômicas (assumem diversos valores ou atributos): $IF = \frac{\sum_i^n X_i}{N \times NM}$ Soma das pontuações do item dividido pelo número de participantes e pela nota máxima da questão.	Indica o grau de facilidade (ou dificuldade) do item para os participantes do teste (quanto mais próximo de 1, mais fácil é o item, quanto mais próximo de zero, mais difícil) e também representa a probabilidade de acerto por um aluno típico da turma. Varia entre zero e 1.
	$ID = IF_{\text{grupo superior}} - IF_{\text{grupo inferior}}$ Percentual (entre zero e um) de acertos do item pelo grupo superior (27% melhores escores totais) menos o percentual de acertos do item pelo grupo inferior (27% piores escores totais).	Indica a capacidade do item em diferenciar alunos mais proficientes daqueles menos proficientes. Quanto mais próximo de 1, maior a capacidade de separação desses grupos. Varia entre -1 e 1.
Correlação item – escore total ou ponto bisserial	Para cada item: $\rho = \frac{\bar{X}_p - \bar{X}}{S_x} \cdot \sqrt{\frac{p}{q}}$ Ou $\rho = \frac{ID}{K_{Si} \cdot S_i}$ Excel: função “PEARSON”	Indica a correlação entre o acerto/erro do item e o resultado (escore) do teste. Varia entre -1 e 1. Quanto mais próximo de 1, maior a consistência do item no resultado final do teste (pessoas que obtiveram bons resultados no exame tendem a acertar o item, ou vice-versa).

Fonte: Elaboração própria.

2.3. APRENDIZAGEM DO ADULTO

2.3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O objetivo desta sessão é analisar aspectos específicos da aprendizagem do adulto. Espera-se que esses aspectos contribuam na proposição de um plano de formação continuada para professores e coordenadores pedagógicos da educação básica, que é o objetivo deste trabalho. Dessa forma, quais aspectos desse tipo específico de aprendizagem serão contemplados, e por quê?

Reconhece-se que diversos aspectos influenciam o processo de aprendizagem do adulto. De acordo com Placco e Souza (2015), fatores intrínsecos, como o desejo, a necessidade, a curiosidade, a disciplina, o gosto pelo

que se faz e outros influenciam a relação do adulto com a aprendizagem. Da mesma forma, fatores extrínsecos, como a ajuda mútua, a natureza do conhecimento, o contexto sociopolítico-pedagógico, a amplitude e a profundidade exigidas, os desafios permanentes, dentre mais alguns, interferem no processo de aprendizagem do adulto.

No livro “Aprendizagem do Adulto Professor”, Placco e Souza (2015) relatam experiências vividas e estudos realizados por um grupo de pesquisadores na busca por uma melhor compreensão de aspectos que estão fortemente relacionados ao aprendizado do adulto docente. O grupo de estudos dedicado a essa pesquisa elegeu quatro aspectos importantes para a apreciação do assunto:

A experiência: é o ponto de partida e de chegada da aprendizagem (...). Por tratar-se de adultos, há uma vivência anterior e as experiências irão influenciar a formação de novas ideias.

O significado: aprender envolve uma interação de significados cognitivos e afetivos (...).

O proposital: é algo que direciona o adulto aprendiz, uma necessidade que o move, uma carência a superar, algo específico e a desenvolver.

A deliberação: aprender decorre de uma escolha deliberada de participar ou não de dado processo. (PLACCO e SOUZA, 2015, p. 19)

O mesmo grupo de pesquisa lista um conjunto de sete princípios norteadores, relacionados aos aspectos citados anteriormente, os quais foram utilizados como referência para as reflexões descritas na obra e que, da mesma forma, serão usados como guias neste trabalho:

- a) A aprendizagem do adulto decorre de uma construção grupal.
- b) A aprendizagem se dá a partir do confronto e do aprofundamento de ideias.
- c) O processo de aprendizagem é singular e envolve escolha deliberada.
- d) O processo de aprendizagem envolve compromisso e implicação com o objeto ou evento a ser conhecido e com os outros da aprendizagem.
- e) O ato de conhecer é permanente e dialético.
- f) O ponto de partida para o conhecimento é a experiência que acumulamos.
- g) A base da aprendizagem está na linguagem, na articulação de significados e sentidos. (PLACCO E SOUZA, 2015, p. 23-24)

Não é objetivo deste trabalho realizar análises aprofundadas dessa questão, dada a complexidade do assunto e ao fato de ele não ser o objeto desta pesquisa. No entanto, a partir da compreensão dos princípios norteadores apresentados, parece adequado buscar por aspectos gerais que agregam os princípios listados. Esses princípios, analisados na sua totalidade, revelam a importância da **memória**. No caso, refere-se à memória como um depósito das experiências vividas que pode ser mobilizado para novas aprendizagens, e não, exclusivamente, como uma habilidade de memorização. Essa percepção da memória como algo inerente ao processo de aprendizagem do adulto é evidenciada, nos princípios norteadores, citados anteriormente, pela presença das expressões “experiências irão influenciar a formação de novas ideias”, “ato de conhecer permanente” e “experiência que acumulamos”. A análise dos fundamentos citados aponta, ainda, um segundo aspecto presente em diversos trechos: **a aprendizagem com os pares, as trocas de experiências**, os quais são revelados nos fragmentos “construção grupal”, “confronto e aprofundamento de ideias” e “objeto ou evento a ser conhecido e com os outros da aprendizagem”. Por fim, a capacidade do adulto de mediar e operar sobre o próprio aprendizado, em uma atitude **metacognitiva**, evidenciada nos trechos “aprender decorre de uma escolha deliberada de participar ou não de dado processo”, “envolve compromisso e implicação com o objeto” e “a base da aprendizagem está na linguagem, na articulação de significados e sentidos” destaca essa competência como mais uma que está presente nos fundamentos, e que será analisada neste capítulo.

A partir das situações apresentadas, foram selecionadas a memória e a metacognição como aspectos cognitivos fundamentais para a aprendizagem dos adultos, os quais são frequentemente citados em estudos dessa natureza (PLACCO e SOUZA, 2015; FLORIANO, 2013). A memória das aprendizagens ocorridas nas diversas circunstâncias da vida do adulto, seja em momentos formais de aprendizagem ou nas experiências adquiridas em interações (familiares, escolares, políticas etc.), destaca-se como um poderoso instrumento para a aprendizagem das pessoas com mais experiência de vida. A metacognição, entendida como a capacidade de operar e refletir sobre as próprias estratégias de aprendizagem, é um outro instrumento que contribui para as aprendizagens dos adultos, uma vez que favorece a elaboração de ações intencionalizadas e pessoais,

as quais modelam formas de assimilação de novos conceitos. Para além desses, serão incluídas análises da aprendizagem em rede em uma Sociedade do Conhecimento, entendida como um aspecto de ordem social/contextual, extrínseco à pessoa e associado ao efeito do impacto das relações sociais específicas do século XXI nas decisões individuais.

2.3.2. MEMÓRIA

A escolha da memória com um dos aspectos essenciais para a compreensão da aprendizagem do adulto, especialmente daqueles que passaram pela vida escolar básica e possuem certificação em Ensino Superior, caso de significativa parte dos docentes da educação básica²⁴, pode ser justificada à medida que essas pessoas tiveram a oportunidade de vivenciarem experiências de naturezas diversas em suas trajetórias pessoais e profissionais. A formação acadêmica, a formação básica, as experiências profissionais, as trajetórias de vida, as interações sociais vivenciadas e diversas outras formas de aprendizagem e de desenvolvimento propiciam a construção de uma quantidade significativa de memórias individuais, as quais podem ser mobilizadas para a efetivação de novas aprendizagens.

A teoria sócio-histórica da aprendizagem, tendo como protagonista Vygotsky, apresenta conceitos que analisam o efeito da memória individual e coletiva na construção de novos conhecimentos. É com base nela que serão discutidos a memória, a memória elementar, a memória mediada e a memória coletiva, associando-as com seus efeitos para a aprendizagem de adultos.

As teorias vygotskianas são fundamentadas no conceito sociológico do materialismo histórico-dialético. O conceito preconiza que fatores materiais, como o desenvolvimento científico, o pensamento humano e o desenvolvimento biológico, construídos historicamente por toda a sociedade, definem a própria sociedade e são modificados por ela, em um processo dialético, utilizado, por sua vez, para a compreensão dos processos sociais. É por meio dessa relação dialética entre o ambiente, o organismo e os fenômenos físicos, que os seres humanos, a

²⁴ A LDB de 1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação) intenciona que o corpo docente da educação básica seja constituído por profissionais com formação superior.

cultura e a sociedade criam o mundo, ao mesmo tempo em que são modelados por ele.

A teoria sócio-histórica considera a memória como uma função psicológica superior, de natureza exclusivamente humana, a qual evolui, partindo das funções psicológicas elementares, de origem biológica, involuntárias e não mediadas.

As funções psicológicas elementares têm curta duração. As crianças rapidamente estabelecem comunicação e interação por meio de códigos e símbolos, que são manifestações elaboradas por meio da interação do organismo com as estruturas sociais. A evolução biológica e a apropriação dos conhecimentos humanos oportunizam a internalização de estruturas que anteriormente eram exclusivamente externas (Almeida e Antunes, 2005) e favorecem o desenvolvimento progressivo e contínuo das funções psicológicas superiores.

Para Vygotsky, o processo de internalização poderia ser chamado de processo de revolução, uma vez que proporciona um salto qualitativo de uma estrutura para outra, em um fenômeno “em espiral”, que dá voltas em “circunferências” cada vez maiores. A respeito desse processo, Vygotsky afirma que

(...) [o] desenvolvimento, como frequentemente acontece, não se move em círculo (...), mas ao longo de uma espiral, retornando em um plano superior a um ponto em que já passou.

Nós chamamos (...) esta internalização das funções psicológicas superiores conectadas com novas mudanças em sua estrutura, processos de revolução (...) (Vygotsky, 1999, citado por Almeida e Antunes, 2005, p. 3).

O trecho anterior evidencia a relação dialética entre o mundo exterior e interior do indivíduo no processo, em saltos, da internalização. Para Vygotsky

e outros pesquisadores, é o processo de apropriação dos conhecimentos e experiências historicamente acumuladas que permite ao indivíduo a possibilidade de se tornar pertencente ao gênero humano, desenvolvendo as funções psicológicas superiores (ALMEIDA e ANTUNES, 2005, p. 4)

A memória mediada, desenvolvida desde a infância, nos torna humanos. Diferentemente da memória elementar, fundamentada em reflexos, utilizada, por exemplo, por uma aranha na construção de uma teia ou por um recém-nascido na amamentação, nossa capacidade de aprender com a experiência e a propensão de operar sobre ela de forma reflexiva atribui à memória humana um aspecto singular. “O desenvolvimento histórico da memória começa a partir do momento em que o homem, pela primeira vez, deixa de utilizar a memória como força natural e passa a dominá-la”. (VIGOTSKY, citado por FLORIANO, 2003, p. 17)

Nesse paradigma, como afirmam Placco e Souza (2015), a memória mediada pode ser mobilizada para a aprendizagem, seja como uma função (estabelecendo uma relação de dependência com a aprendizagem) ou como um recurso, sem a qual a construção de conceitos e ideias não se efetiva.

Outro aspecto singular da memória mediada diz respeito ao fato de que ela não se esgota, à medida que o ser humano acumula continuamente bagagens por toda a vida. Dessa forma, é uma condição inacabada do humano. “A interiorização das ações, isto é, a transformação das ações exteriores em ações interiores, intelectuais, realiza-se na ontogênese humana”. (LEONTIEV, citado por FLORIANO, 2013, p. 16)

A memória mediada se desenvolve pelas experiências individuais e pelas experiências sociais, e contribui para a construção da memória coletiva, capaz de influenciar a constituição da própria memória, da memória do outro ou do coletivo, em um movimento dialético. De acordo com o modelo sócio-histórico, as internalizações são formadas em um conjunto de mudanças em que as experiências vividas, a partir das relações interpessoais, modificam o sujeito no nível intrapessoal. Nesse sentido, Maurice Halbwachs, citado por Floriano (2013, p. 19-20) afirma que: “O homem, ao ter uma memória coletiva, além da individual, é constituído pela experiência de toda a humanidade e, ao mesmo tempo, contribui para a construção da própria história e cultura da humanidade”.

A memória é um processo cognitivo que envolve etapas como a apropriação e a recuperação com a finalidade de atribuir novos significados à informação. Todavia, a experiência com docentes permite afirmar que a memória das atividades profissionais desenvolvidas em suas carreiras pode conduzir à rejeição ao novo e fazê-los se opor à assimilação de novas aprendizagens. É frequente ouvir de professores frases como: “dou essa aula há 30 anos e não vejo o porquê de

modificá-la”, ou ainda aquelas que atribuem eventuais “culpas” pelo fracasso escolar aos alunos. Placco e Souza (2015) discutem esse fenômeno por meio de uma metáfora, na qual apresentam uma escultura²⁵ constituída por um muro de tijolos com uma fenda vertical em seu centro. Nessa metáfora, o muro significa a barreira enrijecida, firme, na qual se sustenta grande parte das ações, e é o que dá segurança. A fenda é a interface para aquilo que está atrás do muro, que pode ser o novo, a descoberta, a atribuição de novos significados e a possibilidade de transformação do sujeito, o que pode levar à derrubada do próprio muro. Defende-se que as experiências vividas podem atuar como barreiras que inibem a transposição para o novo, ou como fendas, que possibilitam o olhar para além. Parece promissor que a atitude docente esteja em consonância com a segunda perspectiva, e que, simultaneamente, as inovações ocorram a partir de “fundações” bem construídas.

O desenvolvimento tecnológico do século XXI, especialmente no que se refere ao acesso praticamente irrestrito à informação, atua como um fomentador de oportunidades para parte do professorado, ao mesmo tempo em que opera no sentido contrário para significativa fração dos formadores. A dificuldade em acompanhar as inovações, bem como em entender como elas podem contribuir para a construção de novas formas de ensino, aciona a memória das atividades que dão segurança e “levanta defesas diante de alguns indícios desafiadores”, e “enfraquece a condição preciosa de ousar outras formas de ensinar” (PLACCO e SOUZA, 2015, p. 36).

Os desafios inerentes à superação das dificuldades individuais podem ser minimizados se os processos de formação dos professores fomentarem a troca entre os pares, por meio de atividades que incluam relatos, depoimentos, planejamento conjunto, dentre outros. Ou, ainda, atividades que desenvolvam a confiança, a transparência, a cooperação etc. Os ambientes e as práticas formativas devem ser tais que estimulem a declaração de dúvidas e angústias, o enfrentamento de dificuldades e o compartilhamento de soluções. Os profissionais mais experientes contribuirão significativamente por meio da socialização de seus conhecimentos acumulados, ao passo que os mais jovens poderão somar ao grupo um melhor entendimento dos paradigmas contemporâneos. Espera-se, assim, a

²⁵ Trata-se de *Construção*, de Carlos Fajardo.

constituição de uma memória coletiva, fortemente influenciada pelas memórias individuais, pelo entendimento do contexto da época e por relações baseadas em afetividade.

2.3.3. METACOGNIÇÃO

Entre os anos de 2008 e 2016, nos colégios em que trabalhei, atendi a muitos alunos que me procuraram para que fosse oferecida uma orientação de estudos. Na época, era coordenador pedagógico do Ensino Fundamental (2008 e 2009) e do Ensino Médio (2010 a 2016) e mantinha estreito relacionamento com alunos e professores.

Naquelas ocasiões, questionava os estudantes sobre como eles aprendiam. Muitas vezes, as respostas deles associavam o aprendizado ao uso de técnicas: realizar exercícios, elaborar resumos, memorizar (“decorar a matéria”), repetir as tarefas e outras. Por vezes, procurei me aprofundar sobre as formas individuais da aprendizagem, elaborando perguntas reflexivas para os estudantes, com o intuito de levá-los a pensar sobre o próprio ato de aprender. “Você sente que aprende melhor ao utilizar quais manifestações de linguagem (escrita, oral, esquemas, desenhos, debates etc.)? ”; “Como você associa o conteúdo novo com o anterior e com outros conhecimentos? ”; “Dê-me exemplos de situações em que você teve a sensação de ter aprendido com fluência”. Esses eram alguns dos questionamentos feitos para os adolescentes.²⁶

Não me pareceu uma surpresa verificar que grande parte do corpo docente respondia à questão “como você aprende?” de forma parecida à dos alunos, com destaque às funções executivas, acrescida de aspectos específicos ligados à área de formação. Normalmente, os professores da área de exatas vinculavam o aprendizado, de qualquer área, à compreensão de conceitos e leis generalizantes e a relação dos conteúdos com problemas reais ou de ordem prática. Os professores das humanidades frequentemente buscavam significados e a

²⁶ À época, reproduzia as atuações feitas por pessoas mais experientes, mas hoje é possível compreender que essa abordagem buscava analisar algumas **funções executivas**, conceito desenvolvido pela Neurociência, que designa a capacidade de gerenciamento dos recursos cognitivos, capacidade essa que se relaciona de modo especial (embora não exclusivo) com o córtex pré-frontal (CORSO, Helena V. *et al.*, 2013, p. 21). O uso do tempo e as estratégias utilizadas nos estudos são funções executivas.

compreensão dos códigos envolvidos, por vezes com alguma subjetividade. Frequentemente, técnicas eram citadas. A reflexão sobre o próprio processo de aprendizagem, de forma intencional e planejada, não me pareceu uma ação realizada pelos docentes em seus cotidianos.

Pensar sobre como aprendemos envolve a metacognição, e a metacognição é um poderoso instrumento para a aprendizagem do adulto. “O foco central da metacognição é o conhecimento ou a percepção dos processos de pensamento do sujeito pelo próprio sujeito” (PLACCO e SOUZA, 2015, p. 54). Ou, ainda:

“A metacognição corresponde, então, a um subsistema de controle, dentro do sistema cognitivo, que tem a finalidade de monitorar, planejar e regular seus processos. Pode ser descrita como uma fase de processamento de alto nível, que permite ao indivíduo monitorar, autorregular e elaborar estratégias para potencializar sua cognição (JOU, SPERB, 2006, apud CORSO et al., 2013, p. 22).

A atitude metacognitiva, que demanda a reflexão sobre os processos de pensamento e a sua gestão, não é espontânea. Pelo contrário, deve ser desenvolvida de forma intencional e contínua. Refletir sobre o próprio processo de aprendizagem exige que sejamos capazes de olhar de dentro para fora e de fora para dentro, com o risco de observarmos coisas que não gostaríamos de ver, como nossas fraquezas e vícios.

A atividade metacognitiva do professor e do coordenador pedagógico está associada à memória. As experiências vividas, os acertos e os erros anteriores, o conhecimento acumulado pela convivência com os pares e outros saberes armazenados na lembrança podem ser resgatados e ressignificados, favorecendo novas compreensões do passado, as quais contribuirão para os novos aprendizados. E ainda

recorrer à memória e refletir sobre os achados tornam-se um exercício necessário entre os educadores, para reconhecer a prática como fonte instigante de conhecimento. Ao mesmo tempo, incitam e valorizam o pensar sobre as próprias ações implicadas no ato pedagógico” (PLACCO e SOUZA, 2015, p. 56)

Oliveira (1999) analisa aspectos cognitivos e contextuais referentes ao aprendizado do adulto, em uma situação específica de programas de EJA²⁷. A autora discute as escassas produções acadêmicas acerca do desenvolvimento humano após a adolescência, comparados a estudos do mesmo tipo para crianças e adolescentes. Ela destaca a situação dos estudantes da Educação de Jovens e Adultos, os quais, por muitas vezes, vivenciaram a exclusão escolar e um longo período de afastamento da educação formal. Mesmo na falta da oportunidade de escolarização na idade adequada, Oliveira ressalta o papel da memória e das experiências vividas no desenvolvimento de uma atitude metacognitiva, como é possível verificar no trecho a seguir:

[O jovem e o adulto da EJA] traz consigo uma história mais longa (e provavelmente mais complexa) de experiências, conhecimentos acumulados e reflexões sobre o mundo externo, sobre si mesmo e sobre outras pessoas. Com relação à inserção em situações de aprendizagem, essas peculiaridades da etapa da vida em que se encontra o adulto fazem com que ele traga consigo diferentes habilidades e dificuldades (em comparação com a criança) e, provavelmente, maior capacidade de reflexão sobre o conhecimento e sobre seus próprios processos de aprendizagem. (OLIVEIRA, 1999, p. 60)

Em outro contexto, Santos e Freitas (2010) analisam as potencialidades da aprendizagem do professor com as tecnologias, assim como o uso delas para o ensino de seus alunos. Trata-se de pessoas que tiveram acesso aos bancos escolares e com saberes para o uso das tecnologias. Como na situação anterior, as autoras associam o desenvolvimento da reflexão sobre o próprio processo de aprendizagem com a memória, armazenada a partir de conhecimentos formais, das experiências profissionais e de outras situações da vida. Elas destacam que

a maior capacidade de reflexão sobre o conhecimento advém das características dessa etapa da vida. O adulto carrega suas lembranças, seus sabores e dissabores com os bancos escolares e por isso consegue ter um conhecimento dos seus processos de aprendizagem. Essa capacidade de reflexão também contribui para o adulto intervir no seu

²⁷ EJA é o programa federal de Educação de Jovens e Adultos voltado à formação em educação básica de jovens e adultos com idade superior a 18 anos e com significativa defasagem idade-série.

processo de aprendizagem. (...) consideramos que o adulto ao lidar com o computador/internet pode extrair conhecimentos anteriores da sua relação com outros recursos tecnológicos. (SANTOS, FREITAS, 2010, p. 6).

Os parágrafos anteriores apresentam contextos muito diferentes. Oliveira (1999) descreve uma realidade de jovens e adultos que procuram obter a formação básica em cursos de EJA, alunos que são, frequentemente, pessoas mais carentes e humildes. Santos e Freitas (2010) relatam as expectativas da aprendizagem com uso das TIC²⁸ pelos professores da educação básica, os quais, supostamente, tiveram mais oportunidades de acesso ao ensino formal. Nas duas situações, as experiências vividas e o uso delas para o desenvolvimento da metacognição são observadas como fatores essenciais para o desenvolvimento desses grupos. Mesmo que diferentes, as pessoas adultas tiveram experiências de vida, de um jeito ou de outro, sejam elas acadêmicas, profissionais, relacionais, familiares, religiosas etc. Não as considerar seria, no mínimo, uma falta de oportunidade para o desenvolvimento da metacognição e para o aprimoramento de processos formativos voltados a essa faixa etária.

A explicitação de sentimentos por parte do adulto aprendiz, sucedida pela reflexão dos seus possíveis significados, contribui para o desenvolvimento da metacognição. De acordo com Placco e Souza (2015), a metacognição e o afeto se entrelaçam, e os sentimentos diversos, como a dúvida, o medo e a insegurança servem como pistas para a reorientação das atividades de ensino-aprendizagem. No caso citado sobre a aprendizagem do adulto professor com as tecnologias, Santos e Freitas (2010, p. 6) relatam que, na relação com as TIC, “estão presentes uma série de sentimentos como medo, ansios, alegrias, tristezas. Sentimentos que precisam ser considerados em seu processo de formação”. A reflexão crítica sobre sentimentos é favorecida pelo uso do registro, especialmente o registro reflexivo, como concebe Fujikawa (2004), em que textos, áudios ou imagens permitem retomar atividades propostas, servindo como objeto de investigação e para a análise crítica do próprio trabalho. Os registros, além de gravarem as intencionalidades e os fatos, expõem sentimentos e afetos inerentes à relação entre professores e alunos e deles entre si. Esses sentimentos e afetos permitem a

²⁸ Tecnologias da Informação e da Comunicação.

atribuição de significados, e a sua decodificação, por parte do educador, revela-se um exercício metacognitivo de alta complexidade e sofisticação, o que pode resultar em incrementos reais na atividade profissional e no aprendizado do professor.

A atividade metacognitiva pode ser aprimorada a partir do exemplo e do compartilhamento de concepções. É comum estudantes da educação básica perguntarem aos seus professores: como aprendo a sua matéria? Caso o professor compartilhe com os alunos as maneiras pelas quais ele mesmo concebe as formas com que construiu (e constrói) o conteúdo apresentado, dará subsídios para que o jovem compare as estruturas de organização do pensamento do professor com as suas, confrontando-as, o que pode resultar em adequações necessárias para o entendimento do conteúdo. Situações análogas podem ocorrer na aprendizagem do adulto. Nesse caso, o professor/mediador terá a oportunidade de promover o compartilhamento de diversas experiências de aprendizagem individuais, em uma rede de exemplos e pensamentos de naturezas e formas diversas. Para tanto, é importante que os atores envolvidos, sejam eles professores, coordenadores, orientadores e outros, “relatem e pensem a variedade de percursos da aprendizagem realizada e a diversidade de resultados”. (PLACCO e SOUZA, 2015, p. 65).

O desenvolvimento de uma atitude metacognitiva, a partir de uma mediação, é favorecida por meio de procedimentos que reforçam o saber e o pensar sobre a própria aprendizagem. De acordo com Placco e Souza (2015, p. 63), os procedimentos adequados são aqueles que devem:

- Estimular os aprendizes a verbalizar suas dificuldades e facilidades e os processos mentais utilizados na tarefa;
- Descrever os percursos realizados;
- Favorecer a explicitação dos porquês de suas dificuldades ou sucessos, possibilitando-lhes conhecer e compreender o seu ato de aprender.

Como foi apresentado, pensar sobre como aprendemos envolve metacognição. E o desenvolvimento dessa habilidade envolve, por sua vez, intencionalidade, atitude reflexiva, saberes, memória, sentimentos, afetos, registros, relacionamento, troca de experiências e aprendizagem compartilhada. O

aprimoramento dessa competência afetará o adulto-aprendiz na constituição de sua própria identidade profissional, e se apresenta como um elemento essencial na elaboração do plano de formação continuada, que é o objetivo final deste trabalho.

2.3.4. APRENDIZAGEM EM REDE NA SOCIEDADE DO CONHECIMENTO

Vive-se em uma época de contínua crítica e revisão do papel da educação, o que é evidenciado por múltiplos fatores, tais como: o intenso debate sobre educação em diferentes setores da sociedade; a implantação de avaliações externas de larga escala em sistemas públicos e privados; a reescrita da base curricular brasileira²⁹; o estabelecimento de um novo plano nacional de educação; as seguidas discussões sobre o financiamento educacional e o entendimento do protagonismo da educação como meio para a produção de riquezas e para a diminuição da desigualdade. Nesse conjunto de circunstâncias que demonstram o interesse pelo tema, apresenta-se, como mais um dos fatores, e não menos importante, a problemática da formação dos educadores. É consenso que a apropriada formação dos profissionais da educação é uma das condições essenciais para a melhoria da aprendizagem dos alunos. Entretanto, ao se analisar os indicadores de adequação da formação docente, por meio dos relatórios disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP)³⁰, elaborados com base no Censo Escolar, verifica-se uma situação preocupante. Em algumas disciplinas, como a Física e as Artes, no Ensino Médio, mais de 70% dos professores do Brasil, incluindo as redes pública e privada, não são formados na área em que ensinam. Elevados índices de inadequação da formação docente podem ser vistos em praticamente todas as áreas, dos diversos segmentos (Fundamental e Médio). Esse, e outros indicadores divulgados pelo mesmo INEP, mostram que a formação básica dos professores está longe de ser a mais adequada. Esses mesmos profissionais atuarão em um contexto de uma sociedade em constante transformação, potencializada pelos avanços das tecnologias da informação e da comunicação das últimas décadas. Se, para os

²⁹ Refere-se à Base Nacional Curricular Comum (BNCC), cujo texto está em elaboração desde 2015, sendo que os textos relativos ao Ensino Fundamental já foram aprovados.

³⁰ Esse e outros indicadores educacionais estão disponíveis em: <http://portal.inep.gov.br/web/guest/indicadores-educacionais>. Acesso em: 01 out. 2017.

docentes que possuem o mínimo da formação esperada, acompanhar as mudanças das relações de ensino-aprendizagem da contemporaneidade torna-se uma tarefa desafiadora, imagina-se a dificuldade para aqueles que sequer dominam adequadamente os conteúdos conceituais da disciplina que lecionam. Sem perder de vista essa realidade, é sobre esse perfil de sociedade em transformação que serão realizadas algumas breves reflexões, entendidas como um contexto para a formação dos docentes do século XXI.

Em 1994, Peter Drucker, escritor, professor e consultor administrativo de origem austríaca, considerado o pai da administração moderna, divulgou uma análise daquilo que ficou conhecida como a “Sociedade em Rede”, modelo que apregoa que a informação e o conhecimento, disseminados globalmente com o auxílio das tecnologias, são as pedras fundamentais para o entendimento das relações entre as pessoas em uma sociedade contemporânea, “através de um modelo (...) onde ele, o conhecimento, comunicado através das tecnologias de informação e comunicação, seria a peça central da engrenagem e, principalmente, seria um fator gerador de riqueza”. (DZIEKANIAK e ROVER, 2011)

Esse papel preponderante das tecnologias da informação e da comunicação na forma como as sociedades se relacionam contribuiu fortemente para o estabelecimento de uma denominada “Sociedade do Conhecimento”, sucessora, por sua vez, da chamada “Sociedade da Informação”, termo o qual, de acordo com Castells (2000, p. 46),

indica o atributo de uma forma específica de organização social em que a geração, o processamento e a transmissão da informação tornam-se fontes fundamentais de produtividade e poder, devido às novas condições tecnológicas surgidas nesse período histórico.

A sociedade do conhecimento diferencia-se da sociedade da informação à medida que pressupõe a possibilidade de construção de novos saberes fundamentados a partir da informação, em ambientes de compartilhamento e de cooperação. Nesse paradigma, o acesso à informação é garantido pelas tecnologias. Dessa forma,

as pessoas, na Sociedade do Conhecimento, devem ter formação crítica e elas próprias devem compreender qual informação possui fonte

fidedigna e serem capazes de encontrar a informação que procuram e, ao mesmo tempo, produzirem informação para ser consumida, interpretada e criticada por terceiros, em um movimento de troca, colaboração e complementação de conhecimentos”. (DZIEKANIAK e ROVER, 2011)

Abdul Waheed Khan³¹ (citado por Burch, 2005) fortalece a percepção de que a Sociedade do Conhecimento sucede a Sociedade da Informação ao afirmar que

a Sociedade da Informação é a pedra angular das sociedades do conhecimento. O conceito de “Sociedade da Informação”, a meu ver, está relacionado à ideia de “inovação tecnológica”, enquanto o conceito de “Sociedade do Conhecimento” inclui uma dimensão de transformação social, cultural, econômica, política e institucional, assim como uma perspectiva mais pluralista e de desenvolvimento. O conceito de “sociedades do conhecimento” é preferível ao da “Sociedade da Informação”, já que expressa melhor a complexidade e o dinamismo das mudanças que estão ocorrendo (...) o conhecimento em questão não é só importante para o crescimento econômico, mas também para fortalecer e desenvolver todos os setores da sociedade.

Amaral (2006, p. 9,) enfatiza o papel primordial da educação para a construção de conhecimentos nesse modelo de Sociedade, ao afirmar que “na Sociedade do Conhecimento, a educação ocupa um lugar central, e as novas tecnologias apoiam a sua disseminação”.

Em uma perspectiva ideal, o pleno acesso à informação a todas as pessoas, viabilizada pelas tecnologias, atuaria como um fomentador para a diminuição das desigualdades e propulsor para o desenvolvimento de toda a sociedade. Todavia, críticos ao modelo ressaltam que o acesso não é universal, mas que ele é possível para poucos, o que pode promover o efeito contrário: a acentuação das desigualdades sociais, como defendem Dziekaniak e Rover (2011):

acredita-se que desse modo deveria ser o ideal de sociedade, porém essa afirmação não se traduz na realidade vivenciada pelos países considerados de economia periférica. Portanto, se entende por Sociedade do Conhecimento a sociedade em que o conhecimento se encontra ao

³¹ Abdul Waheed Khan foi Diretor assistente de comunicação e informação da UNESCO no período de 2001 a 2010.

alcance de todos que o desejarem. Porém, vivencia-se um momento histórico onde o conhecimento ainda é um bem para poucos. Sociedades em que há fortes diferenças sociais, econômicas e culturais, não podem ser denominadas de Sociedade do Conhecimento, haja vista que o conhecimento deva perpassar, inclusive, pela esfera da moral e da ética. Por enquanto tem-se visto o “conhecimento” como força propulsora principalmente de desigualdades sociais. Não fazendo parte do ideal de Sociedade do Conhecimento com o qual esta e muitos outros pesquisadores se identificam.

Sociedade em Rede, Sociedade da Informação e Sociedade do Conhecimento são conceitos novos e em construção. Encontram-se intersecções e divergências entre esses conceitos, assim como críticas de naturezas diversas, algumas delas discutidas anteriormente. Um ponto central é o da influência das tecnologias da informação e da comunicação na relação entre as pessoas e delas com elementos materiais e imateriais (construção de novos saberes, formas de pensamento, aprendizagem etc.). É importante ressaltar que a relação da sociedade com as tecnologias é dialética, de maneira que a tecnologia molda a sociedade, ao mesmo tempo em que a sociedade fomenta o desenvolvimento de novas tecnologias. Castells (2000) defende uma relação mais estreita entre tecnologia e sociedade, afirmando que “a tecnologia é a sociedade, e a sociedade não pode ser entendida ou representada sem suas ferramentas tecnológicas” (CASTELLS, 2000, p. 43).

As novas formas de constituição das sociedades contemporâneas influenciadas pelo desenvolvimento tecnológico conduzem a uma reflexão sobre a identidade profissional dos educadores brasileiros no século XXI. Utilizando a concepção de Castells (2000), entende-se identidade como “o processo pelo qual um ator social se reconhece e constrói significado principalmente com base em determinado atributo cultural ou conjunto de atributos (grifo meu), a ponto de excluir uma referência mais ampla a outras estruturas sociais” (CASTELLS, 2000, p. 58). O que se verifica é a mudança significativa dos atributos culturais ou conjunto de atributos, os quais serão citados como referências. Até pouco tempo, a relação dos professores com seus alunos era pautada pela desigualdade e pela centralidade na figura do mestre. O conhecimento partia do professor, que era o detentor do saber e de todo o processo de ensino-aprendizagem, incluindo as estratégias de

avaliação. O paradigma da sociedade do conhecimento tem transformado essa referência fundamental. A informação é disseminada e disponível, e novas formas de aprender estão disponíveis a poucos cliques dos jovens. Há um processo em andamento de mudança dos atributos estruturantes da identidade profissional dos educadores, o que pode conduzir a um processo de crise de identidade. Castells (2000) analisa esse fenômeno, não especificamente no caso das identidades dos educadores, mas das identidades pessoais, ou seja, da relação entre a Rede e Ser³². Por outro lado, a partir da percepção de que se faz necessária a redefinição da identidade profissional dos educadores em mundo cada vez mais conectado, podem-se utilizar as transformações em andamento para a reconstrução das identidades. As tecnologias permitem a criação de comunidades de aprendizagem, as quais servirão para o compartilhamento de experiências, materiais didáticos, estratégias e diversas outras soluções, modificando a relação de tempos e espaços (não é mais necessária a presença física de todos no mesmo lugar e no mesmo horário, por exemplo). Compreender as mudanças em curso nas estruturas sociais decorrentes das tecnologias contribuirá significativamente para a redefinição do papel do educador do século XXI e no estabelecimento de novos atributos ou referências, os quais determinarão a identidade profissional dos professores e coordenadores pedagógicos.

Considerando que muitos professores estão inseridos em um modelo de Sociedade do Conhecimento, a que demanda aprimoramento contínuo, defende-se o estabelecimento de uma educação permanente, tal como proposto por Guarani (2004), “que acompanhe o indivíduo ao longo de sua vida, abarcando todas as modalidades educativas, desde a formação acadêmica e a atualização profissional até a preparação para o lazer e a convivência em sociedade (...), assim, pode-se concluir que a educação de adultos é parte da educação permanente” (GARANI, 2004, p. 19). Essa proposta de formação durante toda a vida é consonante com o dinamismo da Sociedade do Conhecimento, com o incessante desenvolvimento tecnológico e com as mudanças nos paradigmas da educação, os quais estão em constante transformação, demandando dos profissionais da educação uma capacidade de aprendizado contínuo. A proposta de um plano de formação continuada em análise de resultados de avaliação da aprendizagem, objetivo deste

³² Rede e Ser é um conceito elaborado por Castells (2003, p. 39).

estudo, insere-se e pretende contribuir para essa concepção de educação permanente.

2.3.5. *FOSTERING COMMUNITIES OF TEACHERS AS LEARNERS*

Foram selecionados a memória, a metacognição (fatores cognitivos) e a aprendizagem em rede na sociedade do conhecimento (fator contextual) para se analisar os potenciais da aprendizagem do adulto, especialmente dos professores da educação básica. Uma questão surgiu a partir desses levantamentos: quais são as propostas de formação continuada para professores que consideram todos esses fatores, e eventualmente mais alguns? Uma breve pesquisa realizada sobre essa temática revelou alguns programas, dentre os quais destaca-se o modelo denominado *Fostering Communities of Teachers as Learners*. Esse modelo será analisado a seguir, e servirá como referência para o plano de formação.

No início dos anos 90, Ann Leslie Brown³³ e seu marido, Joseph Campione, pesquisadores da Universidade da Califórnia, em Berkeley, propuseram um programa educacional denominado *Fostering Learning Community*, representado pelas iniciais FLC³⁴. Esse programa é fundamentado em três pilares, elaborados a partir de modelos teóricos e empíricos, especialmente por meio de observações sistemáticas de aulas de Ciências Biológicas em escolas públicas e urbanas da região de Nova York. O primeiro pilar resgata conceitos de Vygotsky, especificamente o de zona de desenvolvimento proximal, expresso em “*the classroom was conceived as being comprised of multiple zones of proximal development (...) through which participants navigated at various rates and through various routes*” (PALINCSAR e BROWN, 2003, p. 467-468)³⁵. Entende-se que as múltiplas zonas de desenvolvimento proximal estão relacionadas às distâncias entre as zonas de desenvolvimentos de cada aluno, (o que explica as múltiplas

³³ Ann Leslie Brown (1943-1999), foi uma psicóloga inglesa, radicada nos Estados Unidos, que se dedicou, entre outras áreas, às pesquisas sobre dificuldades de aprendizagem e de compreensão textual por crianças, ensino para autorregulação (*teaching for self-regulation*) e em metodologias ativas para a aprendizagem.

³⁴ A tradução livre para o português é “Promovendo uma Comunidade de Aprendizizes” (PCA).

³⁵ “A sala de aula é concebida como sendo formada por múltiplas zonas de desenvolvimento proximal, através do qual os participantes (alunos) navegam de várias formas e por diversos caminhos”. Tradução do autor.

zonas de desenvolvimento) e gamas de possibilidades para a construção de um aprendizado novo, com base no anterior.

O segundo pilar do conceito da FLC, apontado como o central desse modelo, destaca o papel do professor(a) como um fomentador ou mediador para o desenvolvimento de novas ideias, e discute as diferentes formas de apropriação dos conhecimentos pelos alunos, como se pode constatar no fragmento:

“teachers and peers engaged in ‘seeding’ the environment with ideas, knowledge, and other tools, which were appropriated by children in various ways as a function of the current zone of proximal development in which they were engaged.” (PALINCSAR e BROWN, 2003, p. 467-468)³⁶

O terceiro pilar desse conceito ressalta as possibilidades de “compreensões compartilhadas” das concepções conceituais construídas pelos alunos de uma turma, a partir de atividades mediadas pelo professor e com participação ativa dos estudantes, como expresso no fragmento que se segue:

“there was an ongoing process of mutual negotiation as members of the class engaged in shared activities and came to shared understandings of the activities in which they were engaged.” (PALINCSAR e BROWN, 2003, p. 467-468)³⁷

O modelo FCL pressupõe que muitas das atividades desenvolvidas em sala de aula devem ser realizadas em um contexto de aprendizagem colaborativa ou de “ensino recíproco”, com intensa troca entre os atores envolvidos na sala de aula. Os autores destacam a importância da diversidade para a efetividade de um processo de aprendizagem interativo. Eles afirmam que *“reconceptualized classrooms as contexts in which diversity was not only tolerated but was, in fact, integral to success”*³⁸.

³⁶ Professores e colegas tratam de “semear” o ambiente com ideias, conhecimentos e outras ferramentas, os quais eram apropriados pelas crianças de várias formas e relacionadas a sua zona de desenvolvimento proximal na qual estão envolvidas.

³⁷ Houve um processo contínuo de mútua negociação na medida em que os membros da classe se envolviam em atividades compartilhadas e alcançaram entendimentos compartilhados das atividades nas quais estavam envolvidos.

³⁸ Salas de aula reconceitualizadas em um contexto em que a diversidade não é somente tolerada, mas, de fato, é parte integrante do sucesso. Tradução do autor.

Embora o modelo FCL tenha sido desenvolvido a partir da observação de atividades com crianças, seus fundamentos, dentre os quais a participação, a colaboração, o compartilhamento, a troca de experiências, a experimentação, o aprender com o outro e o respeito ao próprio potencial de aprendizagem, em um processo metacognitivo, podem ser mobilizados em formações continuadas de professores. Lee e Judith Shulman, pesquisadores da Universidade de Stanford, propuseram um modelo conceitual, a partir da experiência do programa FCL, para “aprofundar a compreensão sobre os distintos modos pelos quais os professores aprendem e, em especial, aprendem a ensinar em diferentes comunidades e contextos” (SHULMAN e SHULMAN, 2016, p. 120). Os pesquisadores aceitaram o desafio de propor um processo formativo para docentes, a partir da crítica do modelo FCL, do acompanhamento de outras pesquisas em andamento e de atividades empíricas.

O processo formativo para docentes proposto pela dupla de pesquisadores é conhecido por *Fostering Communities of Teachers as Learners* (FCTL)³⁹ e se fundamenta em uma série de conceitos que possuem uma base comum: “um professor competente é membro de uma comunidade profissional e está preparado, disposto e capacitado para ensinar e para aprender com suas experiências práticas” (SHULMAN e SHULMAN, 2016, p.123).

O termo preparado refere-se à necessidade de o professor de ter uma visão, um olhar para frente, um olhar para o futuro, para aquilo que se deseja alcançar em termos profissionais, o que deve (ou deveria) ser, em última instância, o aprendizado pleno do aluno. A utopia, o desejo de mudança daquilo que se faz e daquilo que se considera como o *status quo*, o desejo de um processo diferente da transmissão dos conteúdos e da concepção da aprendizagem como um processo de repetição daquilo que se apresentou são alguns dos elementos reflexivos essenciais para a construção de uma visão.

A disposição relaciona-se, por sua vez, à motivação do profissional, sem a qual, de acordo com as premissas da proposta, prejudica a execução da FCTL em sua plenitude. Pode-se encontrar professores que simplesmente não querem mudar, pelas mais diversas razões. Há casos em que os mestres desejam a mudança, mas não possuem os atributos formativos necessários para implementá-

³⁹ Promovendo Comunidades de Professores Aprendizizes (PCPA).

las. É possível, ainda, encontrar professores que queiram a mudança, mas que não estão inseridos em ambientes profissionais que favoreçam os processos de transformação. Sabe-se que a disposição pode ser ampliada por práticas intencionais. A leitura de artigos, a troca de experiências com outros professores, o assistir a vídeos, os ambientes estimulantes são casos de estratégias ou circunstâncias que podem incrementar a motivação.

O termo capacitado relaciona-se à competência do professor, tanto em termos do domínio dos conteúdos conceituais de sua disciplina e das práticas de ensino quanto da capacidade de mobilizá-los em situações diversas. “Um professor competente precisa entender o que deve ser ensinado, assim como precisa saber como ensinar” (SHULMAN e SHULMAN, 2016, p. 127).

O FCTL parte do pressuposto de que o profissional é membro de uma comunidade, o qual aponta para a importância do pertencimento do professor em um ambiente que seja favorável para as trocas profissionais entre os pares.

O pressuposto final do modelo é a concepção de um profissional reflexivo, capaz de aprender com o outro e de ser apto para criticar, de forma reflexiva, o próprio trabalho e o nível de aprendizado dos alunos.

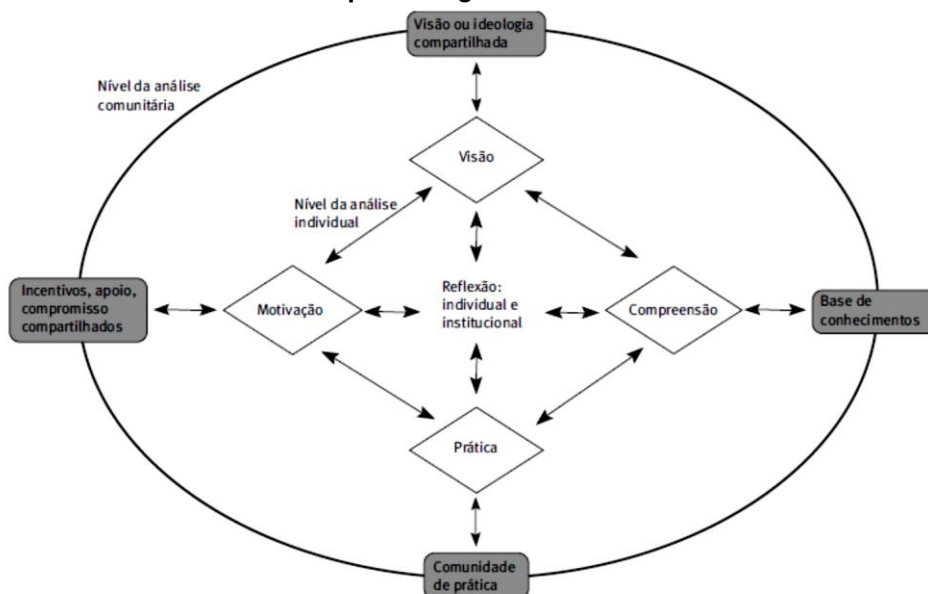
A elaboração de uma formação continuada em consonância com FCTL deve considerar práticas para o desenvolvimento pessoal e profissional que fomentem os elementos apontados nos parágrafos anteriores, ou, ainda, como cita Shulman e Shulman (2016), uma formação desse tipo deve ser tal que resulte em profissionais:

- Preparados para seguir uma visão de salas de aula ou escolas que constituem, por exemplo, comunidades de aprendizagem;
- Dispostos a despende a energia e a persistir para colocar em prática esse tipo de ensino;
- Capazes de compreenderem os conceitos e princípios necessários para esse tipo de ensino;
- Capazes de se engajar nas complexas formas de práticas pedagógicas e organizacionais necessárias para transformar suas visões, motivações e compreensões em realidade pragmática e funcional;
- Capazes de aprender com as experiências, as próprias e as de outrem, por meio de reflexão ativa sobre suas ações e suas consequências;

- Capazes e experientes em trabalhar como membros de uma comunidade de aprendizagem e/ou na formação de tais comunidades em seus contextos de atuação docente. (SHULMAN e SHULMAN, 2016, p. 124)

Na forma de palavras-chave, o modelo FCTL pressupõe que um professor competente e a aprendizagem docente devem possuir visão, motivação, compreensão, prática, reflexão e comunidade. Entretanto, não se trata de desenvolver cada uma dessas instâncias de forma isolada, uma vez que elas estão em interação. A construção de uma visão pelo professor pode ser favorecida por uma maior capacidade de compreensão de seu próprio componente curricular, ou ainda, da apropriação ativa de novas formas de ensinar. O contrário também é possível. Uma visão pode ser o estímulo necessário para a busca por um incremento em compreensão conceitual. Outras relações de reciprocidade como essa podem ser estabelecidas. A figura 2.1 apresenta relações entre os elementos de base de uma formação FCTL.

Gráfico 13 – Comunidades de aprendizagem nos níveis individual e institucional.



Fonte: SHULMAN e SHULMAN, 2016, p. 133.

Observa-se, com base no Gráfico 13, que as relações de reciprocidade ocorrem no nível individual, no nível comunitário e entre eles. Como afirma Merton (citado por SHULMAN e SHULMAN, 2016, p. 132), “os indivíduos contribuem para

a formação de normas, incentivos e práticas da comunidade, enquanto a comunidade exerce suas influências nos indivíduos participantes”.

2.4. REFLEXÕES SOBRE A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

No espaço escolar, não deveria a atividade de avaliação ser construída, antes de tudo, como uma prática pedagógica a serviço das aprendizagens? (HADJI, 2001, p. 9). Charles Hadji⁴⁰ elabora essa pergunta intrigante, cuja leitura atenta pode revelar um paradoxo. O senso comum de parte dos educadores, assim como estudos recentes em diferentes áreas da educação (avaliação, currículo, práticas pedagógicas etc.), possivelmente induzirão o leitor a uma resposta “sim, deveria” para esse questionamento. Entretanto, a forma como a questão foi elaborada esconde uma realidade subliminar vivenciada nas unidades escolares: por vezes, a atividade avaliativa atua contra a aprendizagem, não avalia o que se propõe a avaliar e conduz o educador a conclusões inválidas.

Inspirada em situações como a apresentada no parágrafo anterior, essa sessão pretende analisar e propor reflexões sobre aspectos essenciais dos modelos de avaliação da aprendizagem mais frequentes: prognóstica (ou diagnóstica), formativa e somatória. Será dada ênfase à perspectiva formativa da avaliação. Esse destaque, todavia, pode conduzir a uma aparente contradição: como estimular o uso de métodos quantitativos, especialmente aqueles apresentados no capítulo 1 da parte 1 deste trabalho, em um contexto em que autores defendem a inadequação desses métodos para a análise das avaliações formativas? (ARDOINO, J. e BERGER, G., 1986, citados por Hadji, 2001, p. 59). A proposta é defender a utilização de métodos de análises de dados quantitativos e qualitativos de modo que ambos (quantitativos e qualitativos) atuem de forma complementar um ao outro. O intento é mobilizar esses métodos em situações de observações, registros e atividades desenvolvidas com os alunos durante o processo de aprendizagem, os quais servirão para promover o próprio processo de aprendizagem.

⁴⁰ Hadji é um iminente filósofo francês, doutor em Letras e em Ciências Humanas, Professor emérito na Universidade Pierre Mendès-França, e autor de diversos livros sobre educação, especialmente em avaliação.

2.4.1. MEDIDA E AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Em educação, avaliar não é apenas medir, mas observa-se no cotidiano de muitas escolas que a medida de resultados ou de dados educacionais é entendida como a própria avaliação educacional.

Nas ciências naturais, o processo de medida é realizado por meio da comparação de uma característica específica de um objeto com uma referência previamente adotada. Toma-se o exemplo da medida do comprimento de um objeto. Essa medida especifica quantas vezes essa dimensão é maior (ou menor) que o metro-padrão⁴¹ armazenado no Bureau Internacional de Pesos e Medidas, em Paris. Da mesma forma, medidas de massa, tempo e de diversas outras grandezas físicas são efetuadas por meio de processos de comparação com padrões fixos, adotados universalmente. As medidas físicas são expressas por números, acompanhados de unidades de medidas, os quais apontam a relação da dimensão do objeto com o padrão expresso na unidade.

Diversas publicações sobre medidas e avaliações educacionais (GUILFORD, 1942; ANGOFF, 1984; DUROST e PRESCOTT, 1962), elaboradas no contexto do *behaviorismo*⁴², associam os procedimentos de medidas dos resultados de testes educacionais, com uso da docimologia ou da edumetria, com o processo de avaliação educacional. Guilford (1942) entende o processo de medidas educacionais de maneira similar a das ciências naturais, ao afirmar que “medir significa atribuir um número a um acontecimento ou a um objeto, de acordo com uma regra logicamente aceitável” (Guilford, 1942, citado por Hadji, 2001, p. 27). Trata-se de uma descrição quantitativa da realidade educacional e que se utiliza de um modelo de explicação causal: a avaliação é o estudo dos resultados quantitativos. “Todas as ferramentas de avaliação produzidas por esse modelo são aparelhos de medição, de quantificação, de distribuição em uma escala graduada. Avaliar é situar em uma escala de valor”. (Bonniol e Vial, 2001, p. 49)

⁴¹ Desde os anos 1960, a dimensão de um metro foi redefinida a partir de comprimentos de onda emitidos por certa luz vermelho-alaranjada de átomos de criptônio-86 em tubo de descarga gasosa, o que tornou o processo mais preciso e menos suscetível a alterações com o tempo, todavia o metro-padrão clássico ainda é frequentemente citado.

⁴² Behaviorismo é o nome dado a toda uma linha de estudos comportamentais da espécie humana, desenvolvidos pela psicologia desde o início do século XX, cujas premissas foram amplamente aplicadas à educação, especialmente nos anos 60, 70 e 80.

O conceito de avaliação que se defende neste trabalho pressupõe as medidas, o tratamento dos dados e as informações. Além disso, demanda um processo crítico de construção de um juízo de valor e de tomada de decisão a partir dos indicadores apontados pelos instrumentos de avaliação (BONNIOL, 2001; CRONBACH, 1963; HADJI, 2001; LUKAS e ETXEBERRIA, 2009; PERRENOUD, 1999). Nesse sentido, Hadji (2001) apresenta o que ele denomina de fatos estabelecidos, relacionados à diferenciação entre medida e avaliação educacional:

- a) A avaliação é sempre algo diferente de uma pura e simples medida científica.
- b) O ato de avaliação é um ato de confronto, de correlação
- c) ... que, em grande parte, implica “arranjos” e é fruto de “negociações”. (Hadji, 2001, p. 11)

Observa-se, na rotina de muitas escolas, uma associação direta entre os resultados quantitativos das avaliações e os níveis de aprendizagem, em que esses resultados são utilizados para fins de promoção e de continuidade dos estudos. Notas, boletins, aprovação na série ou ciclo, certificação e outros são emitidos com base em escores numéricos, os quais são comparados com referenciais pré-determinados, em uma perspectiva predominantemente quantitativa de julgamento. Por outro lado, como defende Hadji (2001), o processo de avaliação demanda negociações, confronto, idas e vindas, relações, os quais não poderão, necessariamente, resultar em escores numéricos relativos a um momento específico. Nesse contexto, a escola pode encontrar-se no centro de um dilema em relação ao processo de avaliação da aprendizagem. Como instrumentalizar propostas continuadas de avaliação, de forma que elas integrem o processo de ensino-aprendizagem, se ainda é requerida a prestar contas por meio de resultados quantitativos em períodos específicos? Esse conflito é analisado por Romão (2005), a partir do resgate de diversas definições de avaliação da aprendizagem, por diferentes autores. Essas definições podem ser categorizadas em dois grupos, associados aos posicionamentos apresentados anteriormente, como mostra a tabela a seguir:

Tabela 21 – Duas categorias de concepções de avaliação da aprendizagem. Definições formuladas por diversos autores associadas às categorias.

Concepção A	Concepção B
Principais aspectos: quantitativa, classificatória, periódica, padrões pré-determinados.	Principais aspectos: qualitativa, diagnóstica, contínua, ritmos pessoais.
“Avaliação é o processo de atribuição de símbolo a fenômenos com o objetivo de caracterizar o valor do fenômeno, geralmente com referência a algum padrão de natureza social, cultural ou científica. (Bradfield & Moredock, 1963, citado por Romão, 2005, p. 56)	A avaliação é um juízo de qualidade sobre dados relevantes para uma tomada de decisão. (Luckesi, 1995)
Avaliar é julgar ou fazer a apreciação de alguém ou alguma coisa, tendo como base uma escala de valores (ou) interpretar dados quantitativos e qualitativos para obter um parecer ou julgamento de valor, tendo por base padrões ou critérios. (Haydt, 1998, citado por Romão, 2005, p. 56)	(...) desponta como finalidade principal da avaliação o fornecer sobre o processo pedagógico informações que permitam aos agentes escolares decidir sobre intervenções e redirecionamentos que se fizerem necessários em face do projeto educativo definido coletivamente e comprometido com a aprendizagem do aluno. (Sousa, 1993, citado por Romão, 2005, p. 56)
A avaliação consistirá em estabelecer uma comparação do que foi alcançado com o que se pretende atingir. Estaremos avaliando quando estivermos examinando o que queremos, o que estamos construindo e o que conseguimos, analisando sua validade e eficiência (= máxima produção com o mínimo de esforço). (Sant’Anna, 1995, citado por Romão, 2005, p. 57)	“A avaliação é o processo de identificação, levantamento e análise de informação relevante de um objeto educacional, que pode ser quantitativa e qualitativa, de forma sistemática, rigorosa, planejada, dirigida, objetiva, crível, fidedigna e válida para emitir juízo de valor baseado em critérios e referências preestabelecidas para determinar o valor e o mérito desse objeto a fim de tomar decisões que ajudem a otimiza-lo”. (Lukas, Etxeberria, 2009)

Fonte: Romão (2005) e elaboração própria.

As definições posicionadas na coluna da concepção A da tabela anterior enfatizam os aspectos quantitativos da avaliação da aprendizagem, evidenciados por palavras-chave como “valor”, “padrão”, “escala”, “validade”, “comparação”, “eficiência” etc. As definições da coluna B, sem desconsiderar os aspectos quantitativos, destacam a necessidade de se fazer algo a partir dos resultados, registros ou observações oriundas das avaliações da aprendizagem. Termos como “juízo de qualidade”, “tomada de decisão”, “intervenções”, “redirecionamentos” assinalam essa visão de caráter qualitativo (ou quantitativo/qualitativo).

É possível localizar essas duas categorias de avaliações no dia a dia da escola. A realização de um projeto, a elaboração de um portfólio, seminários, atividades em grupos e outros são comumente avaliados por instrumentos e processos os quais visam a interferir na produção da própria atividade, com vistas a aprimorá-la durante seu processo de construção. Enquadram-se, nesse sentido,

em uma concepção de avaliação consonante com aquelas apontadas na coluna B da tabela 3.1. Todavia, provas de final de período, testes de múltipla escolha, exames orais e outros instrumentos de natureza similar tendem a ser tratados na forma como indicam as definições presentes na concepção A da tabela 3.1.

Uma outra reflexão importante relacionada ao par medida-avaliação, diz respeito ao papel dos indicadores educacionais quantitativos. Os indicadores educacionais, que podem ser elaborados desde a sala de aula (como os resultados obtidos por uma determinada turma) até para sistemas educacionais (como a quantidade de alunos por turma das unidades escolares de determinada rede de ensino) expressam quantidades que apontam qualidades de determinado objeto, e não podem ser confundidos com o objeto. Se em certa avaliação proposta pelo professor, os alunos obtiveram notas cuja média é de 6,0 pontos com um desvio-padrão de 1,0 ponto, não parece adequado afirmar que eles são, em média, 6,0 pontos. Defende-se o princípio de que os alunos obtiveram, naquela situação, com aquele instrumento e com base no que foi desenvolvido nas aulas, um resultado que aponta que significativa parte dos alunos não assimilou com fluência os conteúdos trabalhados. Possivelmente a maior parte do grupo domina algo entre 50% e 70% do que foi ensinado, o que corresponde, percentualmente, ao intervalo entre a média aritmética menos o desvio-padrão e a média aritmética mais o desvio-padrão. O que fazer, então? Qual a tomada de decisão que o professor pode implantar para obter melhores resultados nesse indicador, o que resultará, nessa forma de pensar, em um melhor aprendizado dos alunos? De modo análogo, um indicador como o IDEB⁴³ aponta determinados desafios ou fraquezas de uma escola, os quais devem ser identificados e interpretados, considerando as realidades daquela unidade escolar. O IDEB não é a qualidade da escola. Um indicador educacional indica um caminho, uma fotografia da realidade, que deve ser observada por olhos treinados.

Jacques Weiss, citado por Hadji (2001, p. 54) defende as apreciações subjetivas às avaliações quantitativas, opondo-se à própria existência de indicadores quantitativos. Ele cita uma suposta “tentação técnica”, a qual não garante nem a justiça, nem a objetividade da avaliação. O autor sustenta seu

⁴³ IDEB é o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica, indicador obtido a partir de resultados de desempenho escolar em leitura e em resolução de problemas e a partir do levantamento do rendimento escolar, medida associada à aprovação dos alunos em um ciclo (BRASIL, 2009a).

argumento a partir da percepção de que “os professores são aqueles que mais conhecem os alunos” (Hadji, 2001, p. 54) e que também são os que mais dominam o funcionamento da escola em que estão inseridos, estando aptos a realizar julgamentos a partir de múltiplas observações feitas do estudante e do contexto. O mesmo autor entende que a avaliação é um “ato de correlação” e um procedimento “interativo e social” (p. 54), cuja efetivação não pode ser plenamente realizada por meio da objetividade. Hadji (2001) também elabora considerações críticas a respeito da objetividade da avaliação, argumentando que existe uma subjetividade do instrumento, no caso, o professor, o que de imediato afetaria a confiabilidade⁴⁴. Instrumentos com baixa confiabilidade limitam severamente a eficácia de métodos quantitativos. O autor enfatiza sua posição ao afirmar que “a avaliação não é uma medida pois o avaliador não é um instrumento e porque o que é avaliado não é um objeto no sentido imediato do termo” (HADJI, 2001, p. 34).

Deve-se, dessa forma, rejeitar a uma abordagem quantitativa? Este trabalho defende que não. A abordagem quantitativa dos resultados das avaliações da aprendizagem deve ser feita com o rigor e com os procedimentos adequados da estatística para torná-los possíveis de interpretação e de inferências, os quais são, em última instância, os objetivos de métodos estatísticos quaisquer. Para além disso, acredita-se que uma boa leitura dos dados, assim como dos contextos subjacentes, contribuirá significativamente no processo de elaboração de juízos de valor e de tomadas de decisão pelo professor. De outro modo, as concepções A e B da tabela 3.1 não são necessariamente excludentes, mas podem atuar de forma complementar, a depender de diversos fatores, tais como: os objetivos de aprendizagem, as finalidades da avaliação, os instrumentos e meios disponíveis para a avaliação, os conteúdos trabalhados, o conhecimento do professor sobre avaliação e as orientações da unidade escolar. Hadji (2001) defende a complementariedade das duas concepções apresentadas. Ao discutir a prova tradicional e a avaliação processual, os quais são frequentemente associados aos modelos somativos e formativos, respectivamente, o autor insiste na “complementariedade entre esses dois universos” à medida que a “prova parece ser um caso particular de avaliação com um referente ao mesmo tempo totalmente

⁴⁴ O Apêndice 2 apresenta os conceitos de confiabilidade, assim como os de validade, fidedignidade e outros, contextualizados nas situações de avaliação da aprendizagem.

predeterminado, totalmente explicitado e totalmente desprovido de ambiguidade” (HADJI, 2001, p. 61-62).

2.4.2. MODALIDADES DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

As modalidades mais comuns de avaliação da aprendizagem, de acordo com Hadji (2001), são aquelas que: a) precedem a ação educativa, denominadas prognósticas ou diagnósticas; b) aquelas que se situam no centro da ação de formação, chamadas formativas, e, por fim; c) aquelas que ocorrem depois da ação, chamadas cumulativas ou somativas.

Essas modalidades de avaliação, por sua vez, podem ser referenciadas a normas ou a critérios.

“O que é uma norma? No sentido social, um modelo de comportamento valorizado por um grupo. No sentido estatístico, o comportamento mais recorrente” (Hadji, 2001, p. 18). Considerando esse pressuposto, uma avaliação referenciada a normas visa a comparação do desempenho de um aluno em relação ao seu grupo de referência, situando uns em relação aos outros. Essa referência pressupõe a classificação, como acontece em exames vestibulares ou em concursos públicos. O valor da nota obtida ou os aspectos qualitativos relacionados ao desempenho do participante de um processo seletivo é pouco importante. Nesse caso, o relevante é sua classificação em relação aos demais.

Uma avaliação referenciada a critérios, na visão de Hadji (2001), aprecia um comportamento, situando-o em relação a um alvo (critério). Esse alvo normalmente são os objetivos educacionais estabelecidos pelo curso. Essa perspectiva de avaliação visa a identificar as lacunas de aprendizagem que devem ser superadas para se atingir os objetivos expressos pelo plano do curso, os quais podem independender do desempenho do grupo de referência.

Há situações em que a referência a normas e a critérios eventualmente se superpõem. “É claro que toda avaliação normativa é também, em parte, criteriada: para situar alguns desempenhos em relação aos outros, é necessário referir-se a critérios de conteúdo!” (Hadji, 2001, p. 18). Sustenta-se que a clareza do tipo de referenciamento, seja a norma ou a critérios, deve estar na mente do professor durante a ação avaliativa.

2.4.3. AVALIAÇÃO COM INTENÇÃO DIAGNÓSTICA

Em relação às modalidades de avaliação da aprendizagem, a avaliação diagnóstica⁴⁵, de acordo com Ferreira (2010), pretende

averiguar o domínio dos pré-requisitos necessários ao início do processo de ensino-aprendizagem do aluno, que possibilitem que esteja em situação inicial propiciadora de sucesso na aprendizagem, determinando, assim, a tomada de decisões iniciais relativas àquele processo (Ferreira, 2010, p. 24)

cuja função, no ponto de vista de Hadji (2010), é

permitir um ajuste recíproco aprendiz/programa de estudos (seja pela modificação do programa, que será adaptado aos aprendizes, seja pela orientação dos aprendizes para subsistemas de formação mais adaptados a seus conhecimentos e competências atuais) (Hadji, 2001, p.19)

A verificação do nível de conhecimento em pré-requisitos conceituais para o pleno desenvolvimento de um curso, ou ainda do padrão de proficiências em habilidades que serão mobilizadas em sala de aula no decorrer do programa, podem ser feitos por meio de diversos instrumentos (avaliações escritas, avaliações com uso de tecnologias, trabalhos etc.) e aplicadas no início do curso, em uma perspectiva diagnóstica da avaliação. Não se pode esquecer, todavia, que a intenção diagnóstica se efetiva se o educador operar sobre as observações ou os resultados obtidos, oferecendo aos alunos que não apresentam os pressupostos necessários oportunidades de acesso a eles, de forma a garantir o acompanhamento do curso. Uma disciplina como a Física, no Ensino Médio, requer conhecimentos e habilidades específicas em Matemática, como a capacidade de determinar a raiz de uma equação do primeiro grau. Uma avaliação com a função diagnóstica pode qualificar o domínio dessa habilidade pelos alunos, mas ela efetivamente atenderá ao seu intento se o educador ofertar tarefas, aulas complementares, vídeos e outras atividades que possibilitem a revisão do conteúdo

⁴⁵ Autores pesquisados utilizam os termos prognóstica ou diagnóstica para essa categoria de avaliação, seja como sinônimos (Ferreira, 2010), ou como conceitos distintos (Hadji, 2010; Romão, 2015). Será adotado neste trabalho o termo diagnóstica.

necessário. O título dado à essa sessão, “avaliação com intenção diagnóstica”, procura enfatizar o ponto de vista de que essa modalidade se efetiva se houver uma intenção por parte do professor.

Uma avaliação diagnóstica é determinada pela temporalidade, pela intencionalidade e pela transitoriedade. Temporal, pois, necessariamente é aplicada antes da ação educativa. Intencional, uma vez que requer uma ação planejada do educador a partir dos resultados obtidos e a consciente preparação prévia da tarefa. Transitória, já que ela possui um caráter temporário, à medida que as suas indicações revelam um comportamento específico verificado no momento da aplicação, o qual, espera-se, seja transformado durante o processo de ensino-aprendizagem. Cortesão (2002, citado por Ferreira, 2010, p. 24) alerta que possíveis rotulações dos alunos com base em resultados obtidos em avaliações desse tipo são especialmente inadequadas⁴⁶ justamente pela natureza transitória dessa modalidade de avaliação. Dito de outra forma, não se pode afirmar que determinado aluno A dominará mais ou menos os conteúdos e habilidades que serão desenvolvidos no curso do que outro aluno B com base nos resultados obtidos em uma avaliação diagnóstica. Esses resultados apontam, como foi dito, eventuais medidas corretivas ou de intervenção que devem ser implementadas pelo professor com a finalidade de possibilitar ao aluno a assimilação dos pré-requisitos necessários.

2.4.4. AVALIAÇÃO COM INTENÇÃO FORMATIVA

A função formativa da avaliação é uma modalidade que se desenvolve no decorrer do processo de ensino-aprendizagem, com vistas a aprimorar esse processo por meio de intervenções contínuas, e que pode ser implementada utilizando-se de diversos instrumentos avaliativos e de ações reguladoras intencionadas (HADJI, 2001; ROMÃO, 2005; FERREIRA, 2010; BONNIOL e VIAL, 2001).

Essa modalidade de avaliação busca integrar-se ao programa do curso como mais uma estratégia pedagógica voltada a efetivar uma melhor aprendizagem, não sendo considerada apenas um recurso de mensuração dos efeitos do ensino. Atua,

⁴⁶ Defende-se que qualquer tipo de rotulação é inadequada.

nesse sentido, como uma “reguladora das atividades de ensino e de aprendizagem” (Ferreira, 2010, p. 28). Ela é “um apelo a que se articule melhor as duas atividades de avaliação e de formação, fazendo de uma o auxiliar eficaz da outra” (Hadji, 2001, p. 66). Em outras palavras, “uma prática, avaliar, deve-se tornar uma auxiliar da outra, aprender (p.15)”.

Assim, o conceito de avaliação formativa corresponde ao modelo ideal de uma avaliação:

- a) (que se coloca) deliberadamente a serviço do fim que lhe dá sentido: tornar-se um elemento, um momento determinante da ação educativa;
- b) (que se propõe) tanto a contribuir para uma evolução do aluno quanto a dizer o que, atualmente, ele é;
- c) (que se inscreve) na continuidade da ação pedagógica, ao invés de ser simplesmente uma operação externa de controle, cujo agente poderia ser totalmente estrangeiro à atividade pedagógica. (Hadji, 2001, p. 21).

Essas perspectivas citadas demandam, por parte dos educadores, atitudes intencionais, com clareza dos princípios e das ações necessárias para que essa modalidade de avaliação atinja a seus objetivos. “É a intenção dominante do avaliador que torna a avaliação formativa” (Hadji, 2001, p. 20). Submeter os alunos a diversas atividades avaliativas durante o ensino, com o intento de favorecer o aprendizado por meio de ações e intervenções durante o processo, como apregoam os princípios desse modelo, requer que os professores estejam intencionalmente dispostos a:

- Condição 1: ter sempre o objetivo de esclarecer os atores do processo de aprendizagem (...);
- Condição 2: recusar limitar-se a uma única maneira de agir, a práticas estereotipadas;
- Condição 3: tornar os dispositivos transparentes;
- Condição 4: desconfiar dos entusiasmos e dos abusos de poder. (Hadji, 2001, p. 75)

A avaliação não pode ser uma caixa de surpresas, tampouco ser um instrumento utilizado para garantir a dominação e o poder do avaliador, especialmente se o desejado é que ela atenda a uma perspectiva formativa. Suas estratégias, seus instrumentos e seus critérios devem ser transparentes e compreensíveis para os estudantes. “Uma necessidade absoluta, se assim pode-se dizer, para pôr a avaliação a serviço dos alunos é especificar seus critérios, seu sistema de expectativas” (Hadji, 2001, p. 46). As expectativas podem ser expressas por meio da descrição dos conhecimentos conceituais a serem assimilados ou pela divulgação das habilidades específicas que se pretendem desenvolver. A matriz de referência desses conteúdos deve estar disponível a todos os alunos, a fim de possibilitar a verificação das lacunas existentes entre o conhecimento atual e o esperado e, a partir daí, tornar viável a proposição de ações corretivas.

Uma vez que a avaliação formativa intenciona fomentar o aprendizado, e esse é alcançado pelos alunos por meio de uma série de interações sociais, preconiza-se que esse tipo de avaliação mobilize variados instrumentos, os quais poderão contribuir na avaliação das diferentes formas de construção dos conceitos. Além disso, espera-se que o professor também mobilize diversas formas de agir, como discorre Hadji (2001) na condição 2 apresentada anteriormente. “A avaliação formativa não é um modelo científico, tampouco um modelo de ação diretamente operatório” (Hadji, 2001, p. 25), e sim uma estratégia de ensino⁴⁷ maleável e, até certo ponto, individualizado, apontando caminhos específicos que devem ser seguidos para uma melhor consolidação do aprendizado.

Por apontar deficiências e potencialidades em um momento específico, a avaliação formativa pode ser entendida como uma avaliação diagnóstica. “A avaliação formativa possui um caráter diagnóstico” (Alves, 2004, citado por Ferreira, 2010, p. 28). Uma distinção, de imediato, é a temporal: a avaliação prognóstica é aplicada no início da atividade de ensino-aprendizagem, e a formativa durante essa atividade. Ressalta-se, no entanto, uma importante diferenciação dessas modalidades, associadas ao compromisso e às exigências. As atividades formativas requerem intensa dedicação dos atores envolvidos (professores, alunos, coordenadores etc.) por demandarem preparação prévia, instrumentalização dos profissionais, gestão de calendários e espaços escolares para a sua realização,

⁴⁷ Considera-se a avaliação formativa uma estratégia de ensino.

análise dos resultados, soluções tecnológicas, disponibilização de tarefas e outras tomadas de decisão. Todas essas atividades, e eventualmente mais algumas, devem ser concluídas rapidamente, com o risco de se perder a eficácia da avaliação no caso das devolutivas demoradas. Tendo em vista esses aspectos, uma avaliação formativa requer investimentos pessoais e profissionais para a sua implantação. Não à toa que Hadji (2001) refere-se a ela como uma “utopia promissora”.

Outro aspecto relevante da avaliação formativa é que ela permite a avaliação do aluno, a avaliação pelo aluno e a avaliação das estratégias de ensino mobilizadas pelo professor. Em outras palavras, ela avalia o professor e o aluno, informando o estudante e o mestre sobre a eficácia do método. Alves, citado por Ferreira (2001), analisa essas duas possibilidades de uso do modelo, apresentando a regulação proporcionada por essa avaliação em dois níveis:

- a) Uma regulação do dispositivo pedagógico: o professor, informado dos efeitos do seu trabalho pedagógico, modifica a ação, ajustando as suas intervenções;
- b) Uma regulação da atividade do aprendente que lhe permite tomar consciência das dificuldades com que se depara no seu percurso de formação a fim de reconhecer e de corrigir os erros. (Alves, 2001, citado por Ferreira, 2010, p. 29)

Considerando a avaliação formativa como um instrumento capaz de regular as estratégias de ensino, os métodos quantitativos poderão ser mobilizados para contribuir na reflexão sobre as atividades do professor. Como foi apresentado no capítulo 1 da parte 1 deste trabalho, os métodos quantitativos, com uso das ferramentas básicas da estatística, em uma perspectiva crítica, pedagógica e contextualizada, favorecem a análise dos resultados obtidos e a subjacente apreciação das estratégias utilizadas em sala de aula. Uma determinada estratégia de ensino, aparentemente atrativa e significativa, pode não ser efetiva, de modo que os alunos não atinjam os resultados esperados. A apreciação crítica do desempenho desses estudantes, mensurada a partir de diferentes instrumentos (registros, observações, testes etc.) fornecerão informações e dados, cujas análises e inferências formuladas a partir deles podem ser reveladores e permitir a compreensão desse aparente paradoxo. Afirma-se, mais uma vez, que os

pressupostos da avaliação formativa devem estar claros nas mentes dos avaliadores. Se assim não for, corre-se o risco de que os instrumentos de avaliação formativa se tornem sucessivas atividades de cunho acumulativo/somativo.

A avaliação formativa pode ser um instrumento adequado para contribuir na construção da autonomia do estudante em relação as formas como ele realiza a gestão da própria aprendizagem, em um movimento metacognitivo. Para tanto, espera-se que os estudantes mais jovens sejam orientados de perto pelos seus professores sobre as atividades que devem desenvolver para aprimorar as habilidades deficitárias apontadas no processo formativo. Um programa escolar continuado dessa natureza, criteriosamente desenvolvido em uma unidade de ensino, associado ao incremento da maturidade dos estudantes com a idade, pode contribuir para que a mediação seja menos estreita e mais autônoma nas séries posteriores. A partir dos resultados das avaliações, os alunos das séries avançadas, submetidos desde pequenos a um projeto escolar que atribui significado às avaliações formativas, poderão ser capazes de identificar as lacunas de aprendizagem pessoais e pesquisarem voluntariamente sobre o assunto, ou, ainda, realizarem atividades corretivas previamente disponibilizadas por seus professores. Cardinet, citado por Hadji (2001, p. 62), assinala essa possibilidade, afirmando que

“no âmbito do paradigma da informação, tratar-se-á de fornecer ao aprendiz um modelo apropriado para que possa corrigir-se, e, enfim, contribuir para tornar o aluno mais autônomo por meio de uma conscientização de ordem metacognitiva.” (Cardinet, citado por Hadji, 2001, p. 62)

Assim, a avaliação formativa assume um aspecto informativo, em que “é a qualidade da informação dada (por retroação) ao aluno que importa” (Hadji, 2001, p. 62). Em última instância, é possível afirmar que uma avaliação só é formativa se for, ao mesmo tempo, informativa.

O aspecto informativo da avaliação formativa aponta para o estudante e para o professor os acertos obtidos, e também os erros. Esses últimos, no entanto, assumem um papel essencial na aprendizagem que mobiliza avaliação formativa. O erro não pode ser entendido como um demérito ou uma incapacidade constatada,

na qual nada se pode fazer para modificar o comportamento. A estratégia formativa utiliza o erro como uma oportunidade de avanço, por meio da análise sistemática daquilo que conduziu o estudante ao incerto. “Trata-se de uma função pedagógica de avaliação que não visa a sanção ou a punição do aluno, porque os seus erros são considerados normais no percurso de aprendizagem, devendo, por isso, ser objeto de exploração e de análise” (Ferreira, 2010, p. 28). “O desafio é passar da questão ‘quantos erros?’ para a questão ‘que tipos de erros?’” (Kolher, 1993, citado por Hadji, 2001, p. 100). Serão erros decorrentes da interpretação dos enunciados? Da imprecisão na realização das operações matemáticas? Da falta de conhecimento conceitual? De uma leitura malfeita ou preguiçosa? Essas e muitas outras questões podem ser elaboradas a partir da análise dos erros, permitindo ao estudante e ao professor identificarem pontos a melhorar e estudos a serem feitos. “A fase de análise dos resultados será mais rica e útil se as informações retidas durante a observação forem capazes de alimentar uma “interpretação dos itens, dos erros e dos acertos dos alunos”. (Hadji, 2001, p. 98).

Os erros obtidos pelos estudantes servirão para nortear os planos de curso e as atividades docentes desenvolvidas. Romão (2005) compara os erros e as imprecisões decorrentes da pesquisa científica com os erros observados no processo de ensino-aprendizagem. No primeiro caso, os resultados supostamente equivocados podem revelar aspectos e nuances não previstos ou não percebidos, assim como

as respostas comportamentais e a performance dos alunos são reveladoras das formas discentes de processamento do conhecimento, ou, no mínimo, esclarecem sobre as razões da resistência ou indiferença dos alunos àquilo que a escola lhe oferece. Em ambos os casos, são fundamentais para a elaboração conjunta de novos procedimentos didático-pedagógicos. (ROMÃO, 2005, p. 92)

Como se verificou, as avaliações formativas demandam continuidade, preparação prévia, multiplicidade de instrumentos e de ações, um certo nível de encaminhamento individual, formação docente adequada, intencionalidade, acompanhamento, projeto escolar voltado ao desenvolvimento da autonomia e uma série de outras premissas para a sua plena efetivação. No entanto, como mobilizar todas essas condições considerando os fatores-realidade da vida escolar,

especialmente as restrições de tempo com os quais convivem boa parte do professorado? Como lidar com essa perspectiva em unidades escolares que impõem procedimentos divergentes aos pressupostos formativos? Esses e outros questionamentos, relevantes e realistas, devem ser considerados para a implantação de um modelo formativo.

Frequentemente, associa-se o tempo dedicado às atividades de avaliação a um período desperdiçado. Esse tipo de raciocínio desvincula a avaliação da atividade de ensino-aprendizagem, e não atende a uma das premissas fundamentais do modelo formativo. “Com certeza, inúmeros professores frequentemente acreditam que o tempo que a instituição o força a consagrar à avaliação seja tempo perdido para a atividade de ensino-aprendizagem. (Hadji, 2001, p.66)”. É claro que a falta de tempo necessário para o pleno desenvolvimento de uma atividade é um limitante, e sempre será. Atuar em uma perspectiva formativa exige um planejamento que integra as atividades avaliativas ao programa do curso, dando a elas o mesmo “peso” que as aulas expositivas ou às demais atividades realizadas pelos alunos. Com o planejamento adequado, que considera a quantidade de aulas disponíveis, o educador poderá dimensionar as atividades formativas dentro de suas realidades. Mais que quantidade, a qualidade dessas atividades deve ser garantida!

A eficácia do modelo formativo está vinculada a um projeto escolar que ratifica essa abordagem, e, ainda, que essa reiteração esteja explicitada nos documentos norteadores (projeto político-pedagógico, plano diretor etc.) ou presente na cultura da instituição. Em uma perspectiva de avaliação regulada a critérios, muitas vezes é a instituição que delimita os objetivos educacionais e as expectativas de aprendizagem. Nesse paradigma, deve haver uma aliança entre os critérios apregoados pelo educador e pela instituição, de forma a tornar a avaliação formativa uma prática institucional e coerente com os desejos de ambos, professores e gestores educacionais. Essa avaliação

só tem legitimidade no seio de uma instituição. E, para nós, o fato fundamental, ela expressa a adequação (ou a não adequação) percebida entre a relação atual do aluno com o saber, objeto de avaliação, e a relação ideal do aluno com o saber, objeto do “desejo” institucional. (Hadji, 2001, p. 44)

Se, no entanto, não houver a consonância entre os critérios defendidos pelo professor e pela instituição, a implantação de uma prática formativa poderá ser comprometida, sobretudo pela falta de legitimação. Afinal, a avaliação “traduz e serve a ideologia dominante da instituição social a qual pertence o professor”. (J. M.de Ketele, 1986, p. 260, citado por Hadji, 2001, p. 23)

2.4.5. AVALIAÇÃO CUMULATIVA OU SOMATIVA

A avaliação somativa⁴⁸ é a modalidade de avaliação da aprendizagem que é implementada ao final da ação educativa. Ela pretende avaliar o nível de assimilação dos conteúdos acumulados ou das habilidades desenvolvidas no período da atividade de ensino-aprendizagem. Frequentemente, seus resultados são numéricos, embora possam ser expressos por qualidades, tais como: “suficiente/insuficiente”, “satisfatório/insatisfatório” etc.

“A função sumativa da avaliação realiza-se no final do processo de ensino-aprendizagem – quer se trate de um trimestre, de um semestre, de um ano ou ciclo de estudos –, normalmente através de testes e exames, e consiste no balanço (uma soma) das aprendizagens dos alunos depois de uma ou várias sequências de ensino-aprendizagem. (Hadji, 1994, citado por Ferreira, 2010, p. 30)

Entende-se que esse tipo de avaliação possui um propósito classificatório e/ou certificador (Hadji, 2001; Ferreira, 2010; Romão, 2005). Nos casos em que os resultados são apresentados por escores quantitativos, essa avaliação permite a classificação dos estudantes e sua divisão em categorias de desempenho. Como decorrência dessa característica, é utilizada em processos de seleção, uma vez que propicia a separação dos participantes entre aqueles considerados aprovados ou aptos e os demais que não obtiveram as notas suficientes. No âmbito certificador, os resultados obtidos em avaliações desse tipo, comparados às escalas pré-determinadas, possibilitam a obtenção de diplomas ou de permissões de acesso ao grau posterior de estudos. A partir dos resultados dessas avaliações,

⁴⁸ Essa modalidade de avaliação é referenciada por diversos nomes. Ferreira (2010) utiliza o termo *Sumativa*, Hadji (2001) prefere o termo *Cumulativa*, Romão (2005) designa por *Classificatória*.

“resultam medidas de certificação, de promoção ou de repetição, de seleção, pelo que também é designada de avaliação certificativa”. (FERREIRA, 2010, p. 30)

Estudos recentes (Santos, 2016) sugerem possibilidades de integração das avaliações formativas e somativas em um mesmo processo de ensino-aprendizagem, com o intuito de efetivar uma maior harmonia entre essas modalidades. Sabe-se que a diferença fundamental entre esses modelos de avaliação é de propósito: uma “mesma informação, recolhida do mesmo modo, chamar-se-á formativa se for usada para apoiar a aprendizagem e o ensino, ou somativa se não for utilizada deste modo, mas apenas para registrar e reportar.” (HARLEN, 2005, citado por SANTOS, 2016, p. 640) Ou, ainda, “pode concluir-se (...) que existem duas funções essenciais da avaliação: avaliar para ajudar a aprender e avaliar para sintetizar a aprendizagem”. (SANTOS, 2016, p. 640). Uma atividade somativa pode incluir elementos formativos se ações consonantes à proposta formativa forem implementadas a partir dos resultados observados nas avaliações de final de período ou curso. De modo mais amplo, o que se defende é que quaisquer avaliações, sejam elas prognósticas, formativas ou somativas, incorporem as etapas apresentadas por Santos (2016), citadas a seguir, as quais indicam que os processos avaliativos de diferentes naturezas devem contemplar:

- a) uma tomada de decisão sobre o que é relevante fazer para determinado fim definido (fase da planificação que dá sentido à intencionalidade do processo avaliativo escolhido);
- b) uma recolha de informação;
- c) a interpretação da informação recolhida;
- d) o desenvolvimento de uma ação fundamentada dela decorrente (SANTOS, 2016, p. 639)

As avaliações somativas produzem uma quantidade significativa de dados e informações quantitativas, o que favorece a utilização dos métodos quantitativos. Nas reflexões anteriores sobre avaliação formativa, foi analisada a adequação dos métodos quantitativos, considerando sua utilização em parceria com os qualitativos. Partindo dessa premissa, a análise estatística e crítica dos resultados das avaliações somativas, assim como das inferências decorrentes, do olhar atento às especificidades do ensino, da compreensão dos contextos e de demais aspectos podem ser mobilizados para que o estudo dos resultados dessas avaliações

contribua para o aprendizado, e não apenas constate circunstâncias ou possibilite uma classificação. Atenta-se ao fato de que devem ser incluídas estratégias eficientes de *feedback* para os alunos e atividades reguladoras por ocasião da continuidade dos estudos. Enfim, como afirma Santos (2016), “é chegado o momento de enfrentarmos uma nova questão: a articulação entre a avaliação somativa e formativa”. (SANTOS, 2016, p. 639)

CAPÍTULO 3 – PLANO DE FORMAÇÃO

Este capítulo propõe algumas atividades a serem desenvolvidas com equipes docentes da educação básica, especialmente professores e coordenadores pedagógicos dos anos finais do Ensino Fundamental (6º ao 9º ano), e do Ensino Médio, em momentos de formação continuada. Essas atividades visam a desenvolver capacidades de análise de resultados ou de observações registradas de alunos submetidos a avaliações de naturezas diversas (diagnósticas, formativas ou somativas). As atividades procurarão fomentar a reflexão crítica e as tomadas de decisão, dentro das premissas apresentadas anteriormente, nos capítulos 1 e 2, de que a avaliação educacional demanda de propósito, planejamento, medida ou observação, julgamento e ações de intervenção planejadas e intencionais.

As atividades a serem propostas serão fundamentadas a partir dos conceitos apresentados no capítulo 2 (Estudos e fundamentos) deste trabalho, dos quais, destacam-se:

- a) Uso da estatística descritiva clássica com o apoio de ferramentas tecnológicas e computacionais, dando-se ênfase às interpretações e inferências decorrentes;
- b) Consideração das memórias, das experiências pessoais e profissionais e da capacidade metacognitiva do público-alvo, composto por adultos;
- c) Contextualização na realidade profissional do público-alvo, o qual, por sua vez, estão inseridos em uma sociedade do conhecimento, cujos comportamentos pessoais e coletivos são influenciados pelas TICs;
- d) Pedagogia baseada em aprendizagens ativas⁴⁹, especialmente o aprendizado baseado em problemas (conhecido pela sigla PBL, nas iniciais em inglês)⁵⁰.

⁴⁹ A aprendizagem ativa é geralmente definida como qualquer método instrucional que envolva os alunos no processo de aprendizagem. Em suma, aprendizado ativo exige que os alunos façam atividades de aprendizagem significativas e pensem sobre o que estão fazendo. Embora essa definição possa incluir atividades tradicionais como a lição de casa, na prática, a aprendizagem ativa refere-se sobretudo a atividades que são realizadas na sala de aula. O núcleo da aprendizagem ativa são a atividade dos alunos e o engajamento no processo de aprendizagem. A aprendizagem ativa geralmente é contrastada com a tradicional palestra, situação em que estudantes recebem passivamente informações vindas de um instrutor. (PRINCE, 2004, p. 223, apud MORICONI [coord.], 2017, p. 30).

⁵⁰ PBL são as iniciais de *Problem Based Learning*.

- e) Foco em avaliações da aprendizagem e nos itens utilizados nesse tipo de avaliação.

As atividades estão organizadas na forma de tabelas, buscando-se a organização das informações, a facilidade da leitura e a compreensão da totalidade da atividade. Essas tabelas estão dispostas da seguinte maneira:

Tabela 22 – Modelo de atividade.

Atividade	Descrição
Objetivos:	Nesse campo serão apresentados os objetivos gerais da atividade.
Recursos e materiais necessários:	Descrição dos recursos materiais que serão utilizados, visando à uma melhor preparação prévia da atividade.
Duração:	Período estimado, entretanto admite-se que a duração da atividade pode variar de acordo com o grupo.
Conteúdos conceituais	Descrição dos conteúdos conceituais que serão mobilizados ou requeridos no desenvolvimento da atividade.
Problema:	Apresentação do problema que servirá para a condução da atividade. A proposição do problema será feita de forma objetiva.
Estratégia:	Sugestões de estratégias, com a possibilidade de modificações, adaptações ou inserções, a depender das características do grupo em formação.
Avaliação:	Sugestão de estratégia de avaliação, valorizando a modalidade formativa e o uso de tecnologias.

Fonte: Elaboração própria.

A estrutura das tabelas foi elaborada a partir de princípios fundamentais da aprendizagem baseada em problemas, em que

as seções de PBL sempre se iniciam com a apresentação de situação-problema envolvendo conceitos não trabalhados anteriormente, os quais são submetidos à análise pelos alunos, que tentam definir e solucionar valendo-se do conhecimento de que dispõem. A partir dessa discussão inicial, os alunos: (a) levantam hipóteses e as defendem, baseando-se nos dados apresentados no problema; (b) priorizam as hipóteses e determinam os conceitos a serem explorados; (c) determinam as responsabilidades de cada membro do grupo, os prazos, as fontes de pesquisa etc.; (d) chegando a uma solução satisfatória, apresentam-na e a defendem perante a turma e o tutor; (e) e finalmente avaliam o processo, a si mesmos e ao grupo. (ESCRIVÃO FILHO; RIBEIRO, 2008)

Essas atividades não serão aplicadas ou testadas no presente trabalho, sendo, assim, propostas. Pesquisas futuras poderão implementá-las e avaliá-las, a

fim de verificar suas adequações e eficácias em situações reais, o que poderá resultar em correções e aprimoramentos.

3.1. SUMÁRIO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS

[Atividade 1 - Medida e avaliação educacional](#)

[Atividade 2 - Letramento estatístico](#)

[Atividade 3 - Tratamento estatístico com uso de planilhas eletrônicas](#)

[Atividade 4 - Análise quantitativa e qualitativa de itens](#)

[Atividade 5 - Estudo de caso em uma perspectiva formativa](#)

O objetivo dessas atividades e o período estimado para a aplicação de cada uma delas estão resumidos na tabela a seguir:

Tabela 23 – Objetivos e duração estimada das atividades propostas.

Nome da atividade	Objetivo	Tempo estimado para aplicação
Atividade 1 - Medida e avaliação educacional	Diferenciar e relacionar medida e avaliação educacional.	2 horas-aula
Atividade 2 - Letramento estatístico	Desenvolver e/ou aprimorar a capacidade de leitura, interpretação e inferência de dados estatísticos obtidos de avaliações da aprendizagem.	4 horas-aula
Atividade 3 - Tratamento estatístico com uso de planilhas eletrônicas	Utilizar uma planilha eletrônica para o cálculo de estatísticas descritas e para a construção de histogramas a partir de resultados obtidos por alunos em uma avaliação da aprendizagem.	6 horas-aula
Atividade 4 - Análise quantitativa e qualitativa de itens	Obter o Índice de Facilidade (IF) e de Discriminação (ID) dos itens de uma avaliação constituída por questões de múltipla escolha e dicotômicos; Possibilitar a elaboração de reflexões críticas dos itens propostos sobre diversos aspectos (qualidade do item, validade, adequação aos propósitos do curso e outros); Elaborar hipóteses que visam a explicar o desempenho dos estudantes a partir da análise dos valores obtidos de IF e de ID de cada item.	6 horas-aula
Atividade 5 - Estudo de caso em uma perspectiva formativa	Analisar quantitativamente e qualitativamente os resultados obtidos por 478 alunos das 3 ^{as} séries do Ensino Médio de uma escola privada de São Paulo em uma avaliação de Física.	6 horas-aula

Fonte: Elaboração própria

Com base nas previsões expressas na tabela anterior, estima-se que o plano proposto neste trabalho demande cerca de 24 horas-aula para sua completa

implementação. Sugere-se que esses encontros ocorram nos momentos reservados para a formação continuada das equipes docentes, como os HTPC (horário de trabalho pedagógico coletivo) ou ATPC (aula de trabalho pedagógico coletivo) das redes públicas, ou em períodos acordados entre professores e mantenedores das redes privadas.

3.2. ATIVIDADE 1 – MEDIDA E AVALIAÇÃO EDUCACIONAL

Essa atividade tem o propósito de fornecer as condições para que o grupo formativo construa, coletivamente, o conceito de avaliação da aprendizagem, diferenciando-o e relacionando-o com o conceito de medida. Para tanto, toma-se como ponto de partida as concepções espontâneas ou os conhecimentos prévios sobre o tema, adquiridos na experiência profissional ou na formação acadêmica. Essas concepções serão usadas para o posterior confronto com os conceitos formais de medida e avaliação. A metodologia proposta é ativa, em que é apresentado um problema para que os envolvidos na formação, em grupos, resgatem conhecimentos, pesquisem, socializem, confrontem e reelaborem os conceitos, em um ambiente colaborativo e de trocas entre os pares. Espera-se, ao fim dessa atividade, a compreensão dos aspectos estruturantes sobre medida e avaliação educacional pelo grupo, consonante com as premissas teóricas, e que, ao mesmo tempo, traga elementos da identidade dos professores em formação.

Tabela 24 – Atividade 1 – Medida e avaliação educacional

Atividade	Descrição
Objetivos:	Diferenciar e relacionar medida e avaliação educacional.
Recursos e materiais necessários:	Suportes para apresentação coletiva (slides, projetores etc.).
Duração estimada:	2 horas-aula (90 min.).
Conteúdos conceituais	Medida e avaliação aplicados às verificações de aprendizagem.
Problema :	Na literatura que analisa avaliação educacional, seja ela da aprendizagem, externa, institucional ou outra, é frequente a utilização dos termos medida e avaliação educacional. Como esses conceitos se relacionam e como eles se diferenciam?
Estratégia:	Dividir os participantes em pequenos grupos (2 a 4 componentes, a depender do número total de participantes). Apresentar e discutir o problema (e não as possíveis respostas do problema) com o propósito de que ele fique claro para todos os participantes⁵¹ Propor questões para o encaminhamento da atividade, tais como: a) Com base no conhecimento empírico e conceitual que vocês possuem sobre o tema, como cada grupo compreende os conceitos de medida e avaliação? b) Medida depende de avaliação? Avaliação depende de medida? Como o grupo entende a dependência entre estes conceitos? Solicitar que cada grupo registre as respostas para as questões em texto corrido ou na forma de uma tabela comparativa sobre os conceitos concebidos de medida e avaliação. Os suportes podem ser os mais diversos (apresentação de computador, slides, papéis etc.). Organizar a apresentação dos textos ou tabelas elaboradas para todos os participantes da formação por meio de representantes dos grupos. Registrar em lousa ou quadro as características comuns apresentadas nas tabelas dos grupos. Esse registro pode ser feito por um dos participantes da formação no decorrer das apresentações. Disponibilizar algumas conceituações acadêmicas, como as expressas no item 2.4.1 MEDIDA E AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM do presente trabalho, por meio de projeção ou fotocópias. Resgatar os registros feitos no quadro, apontando características levantadas pelo grupo de formação consonantes com as premissas conceituais. Promover a elaboração oral, com a participação de todo grupo formativo, de uma solução (resposta) para o problema apresentado.
Avaliação:	Para avaliar a assimilação dos conteúdos pelos participantes, em uma perspectiva formativa, propõem-se a utilização de um aplicativo de celular do tipo perguntas e repostas (<i>quiz</i>) que apresenta perguntas pré-elaboradas pelo mediador (normalmente o coordenador pedagógico) e opções de respostas, dentre as quais somente uma é a correta. Foi elaborado um <i>quiz</i> desse tipo, cujo painel administrativo está disponível em: https://play.kahoot.it/#/k/3d97a6fa-89e9-4ee2-8663-fd6510d35e2b

⁵¹ Nesse caso, ressaltar para o grupo em formação que relacionar refere-se à identificação de aspectos comuns ou de ligação, ao passo que diferenciar significa apontar aspectos divergentes.

ATIVIDADE 1 – ORIENTAÇÕES PARA O COORDENADOR

Dentre as atribuições do coordenador pedagógico nas unidades escolares, defende-se que a promoção da formação continuada dos professores é uma das mais importantes. Dessa forma, sugere-se que a condução das atividades propostas nesse plano de formação seja feita pelo coordenador, ou, se for o caso, por pessoa indicada ou orientada por ele.

Na situação específica da atividade 1, parece oportuno que o coordenador se atente para um eficaz “fechamento” da atividade, uma vez que ela visa a assimilação de conteúdos conceituais fundamentais para a análise de resultados de avaliação da aprendizagem.

Esse “fechamento” deve partir das concepções apresentadas pelos professores, como propõe a atividade, para que se cheguem aos conceitos de medida e avaliação tal como foram analisados no item 2.4.1 deste trabalho.

Nesse paradigma, a opção pelo *quiz* como meio de avaliação final foi estratégica, uma vez que ele possibilita a correção de concepções equivocadas por parte dos professores e o aprofundamento dos conceitos analisados com uso de um recurso tecnológico eficaz e, ao mesmo tempo, descontraído e engajador.

3.3. ATIVIDADE 2 – LETRAMENTO ESTATÍSTICO

A atividade Letramento Estatístico, que será proposta a seguir, visa a desenvolver e/ou aprimorar a capacidade de leitura, interpretação e inferência de dados estatísticos obtidos a partir de avaliações da aprendizagem.

É possível que os professores da equipe docente em formação possuam variados níveis de proficiência em leitura e interpretação de dados estatísticos. Nesse sentido, verifica-se, no cotidiano escolar, que professores com formação em ciências da natureza, matemática e áreas afins frequentemente têm mais fluência no trato com os métodos quantitativos que mobilizam a estatística. Nesse caso, sugere-se a formação de equipes de trabalho mistas, constituídas por docentes de diferentes áreas, e cada qual contando com, ao menos, um docente com mais experiência em análise estatística de dados.

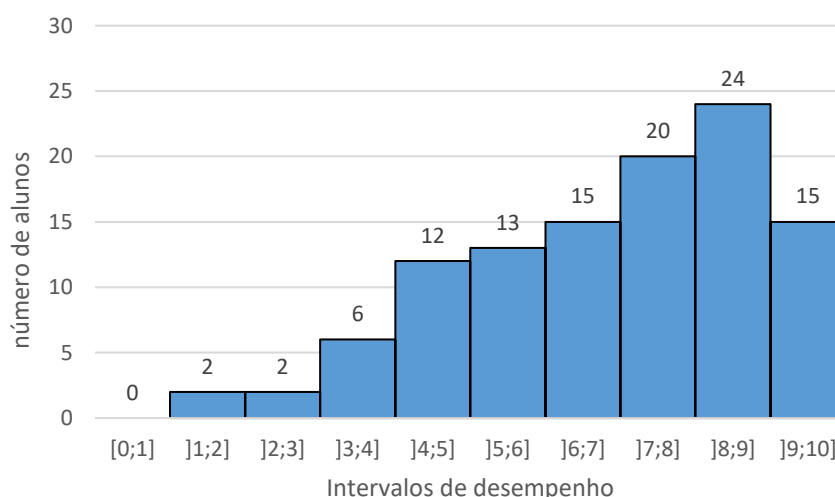
Tabela 25 – Atividade 2 – Letramento Estatístico.

Atividade	Descrição
Objetivos:	Desenvolver e/ou aprimorar a capacidade de leitura, interpretação e inferência de dados estatísticos obtidos de avaliações da aprendizagem.
Recursos e materiais necessários:	Um ou mais conjunto de resultados quantitativos (amostras) obtidos a partir da correção de avaliações da aprendizagem, registrados em planilhas ou tabelas, ou o uso dos dados disponibilizados no Anexo 3. Sistema de projeção ou fotocópia dos conteúdos para os participantes.
Duração estimada:	6 horas-aula.
Conteúdo Conceitual	Organização tabular e representação gráfica de dados, obtenção de estatísticas descritivas, leitura e interpretação de dados e informações estatísticas.
Problema:	O que se pode afirmar e inferir a respeito do desempenho dos alunos em uma avaliação da aprendizagem por meio de análises estatísticas descritivas dos resultados obtidos pelos estudantes?
Estratégia: ⁵²	Dividir os participantes em pequenos grupos (2 a 4 componentes, a depender do número total de participantes). Preferencialmente professores com mais domínio em análise quantitativa de dados devem ser alocados em grupos distintos. Apresentar e discutir o problema (e não as possíveis respostas do problema) com o propósito de que ele fique claro para todos os participantes. ⁵³ Apresentar para os participantes, por meio de projeção ou por fotocópias, os dados do Anexo 3, o Gráfico 14, o Gráfico 15 e a Tabela 26, contextualizando a apresentação nos seguintes aspectos: a) Referem-se aos resultados obtidos por 109 estudantes dos 8º anos de uma escola privada de São Paulo em uma avaliação de final de bimestre. b) A disciplina avaliada é a geometria, e os conteúdos avaliados estão em consonância com o currículo do estado de São Paulo. c) A avaliação foi composta por 5 questões de múltipla escolha e 13 questões dissertativas. d) Os resultados apresentados indicam o desempenho em toda a prova, em uma escala de zero a 10. Propor questões para estudo nos grupos, tais como: a) Considerando que a nota mínima para aprovação nessa escola é de 5,0 pontos, o que se pode afirmar, a partir da análise do Gráfico 14, a respeito do desempenho desses estudantes em relação ao mínimo necessário? b) A análise do Gráfico 14 e do Gráfico 15, assim como dos valores da média, da mediana e do 1º e 3º quartil, apresentados na Tabela 26, possibilitam identificar a simetria ou a assimetria da distribuição. Como se comporta a simetria dessas observações e o que se pode inferir a respeito do desempenho dos estudantes nessa avaliação com base nessa simetria? Pode-se afirmar que a distribuição dos resultados obedece ao da curva de distribuição normal? c) Discuta algumas limitações do uso exclusivo da média aritmética para referenciar o conjunto dos resultados obtidos pelos alunos de uma turma / série em uma avaliação, utilizando os gráficos e tabelas apresentados. Solicitar que os grupos preparem apresentações com as respostas do item anterior e elejam um representante, preferencialmente um professor que não seja aquele com mais conhecimento prévio no assunto. Viabilizar a apresentação pelos grupos Oferecer oportunidade para que os professores com mais domínio prévio tecem comentários adicionais durante as apresentações.

⁵² As sugestões de estratégias foram elaboradas considerando os dados disponibilizados no Anexo 3. No caso do uso de outras fontes, sugere-se o uso das mesmas estratégias, adaptadas às características da nova fonte de dados.

Avaliação:	Dada a possível diversidade do grupo em relação aos conhecimentos prévios em estatística, sugere-se uma autoavaliação⁵⁴ pelo participante, por meio de perguntas que despertem a sua reflexão sobre o tema, sucedido da disponibilização de materiais ou de encontros com os colegas para fins de aprofundamentos. Possíveis questionamentos para o fomento da autorreflexão do participante: - Sinto-me confiante para realizar a leitura, a interpretação e inferência de informações estatísticas calculadas a partir dos resultados das avaliações que proponho para meus alunos? - Poderei usar os conceitos em novos contextos profissionais? - Percebo significado objetivo nos conceitos e procedimentos realizados?
Observação	O Capítulo 2.1 - FUNDAMENTOS DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA CLÁSSICA APLICADA ÀS AVALIAÇÕES DA APRENDIZAGEM do presente trabalho apresenta e analisa os conceitos mobilizados nessa atividade, e pode ser disponibilizado antes da aplicação, para preparação prévia, ou após a aplicação, como material de consulta.

Gráfico 14 – Representação da quantidade de alunos de 8º anos do Ensino Fundamental que obtiveram notas em intervalos de 1,0 pontos em uma avaliação de Matemática aplicada em uma escola privada de São Paulo. Total de 109 participantes.

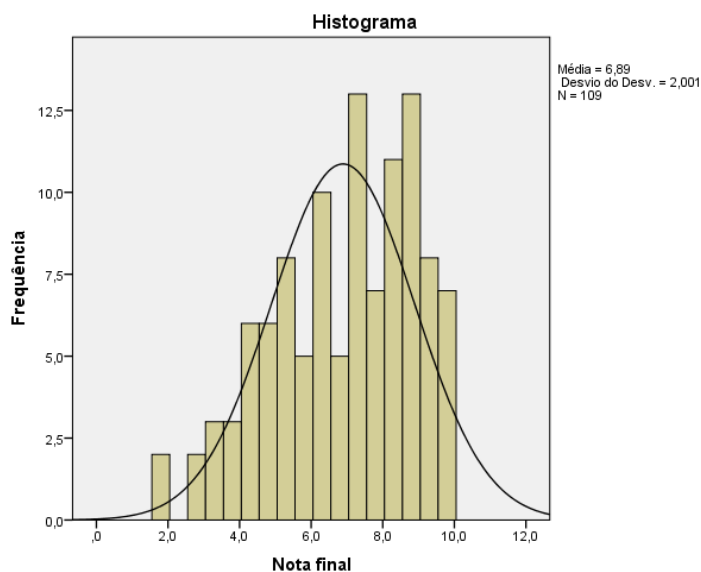


Fonte: Anexo 3.

⁵³ Nesse caso, ressalta-se que “afirmar” refere-se àquilo que se possa extrair diretamente dos dados, gráficos e nas estatísticas descritivas, ao passo que “inferir” refere-se às extrapolações possíveis, fundamentadas nas estatísticas descritivas.

⁵⁴ De acordo com Santos (2002), “a autoavaliação é um processo de metacognição, entendido como um processo mental interno através do qual o próprio toma consciência dos diferentes momentos e aspectos da sua atividade cognitiva” (SANTOS, L., 2002, p.2). A escolha pela autoavaliação foi intencional, tendo em vista ser uma estratégia consonante com algumas premissas deste trabalho, dentre as quais a metacognição e o aprendizado ativo e em rede, e considerada adequada à atividade proposta.

Gráfico 15 – Representação gráfica equivalente ao Gráfico 14, com indicação da curva normal.



Fonte: Anexo 3, elaborado no software estatístico SPSS da IBM.

Tabela 26 – Estatísticas descritivas das notas obtidas por 109 estudantes do 8º anos do ensino fundamental em uma avaliação da aprendizagem de matemática, em uma escola privada de São Paulo.

Medida	Valor
Média	6,9
Mediana	7,2
Mínimo	1,8
Máximo	10
1º quartil	5,35
2º quartil (mediana)	7,2
3º quartil	8,6
Desvio-padrão	2,0

Fonte: Anexo 3.

ATIVIDADE 2 – ORIENTAÇÕES PARA O COORDENADOR

Nessa atividade, há a expectativa de aprendizagem com os pares e de uma atitude metacognitiva em relação à regulação dessa aprendizagem pelos próprios participantes, uma vez que, como foi dito, é possível que o grupo em formação seja constituído por professores que apresentam mais ou menos fluência em leitura, interpretação e inferência de dados estatísticos. Os conteúdos necessários para o aprimoramento do letramento estatístico foram apresentados no item 2.1 – FUNDAMENTOS DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA CLÁSSICA APLICADA ÀS AVALIAÇÕES DA APRENDIZAGEM deste trabalho. Todavia, espera-se que os docentes mais familiarizados analisem os conceitos duvidosos com os parceiros,

envolvendo todos na tarefa, tendo em vista que, de acordo com Mariconi (2017), “a literatura investigada mostra que os professores, quando tratados como aprendizes ativos, engajam-se mais e de maneira mais produtiva nas tarefas da docência: planejar, ensinar e avaliar”. (MORICONI [coord.], 2017, p. 30-31).

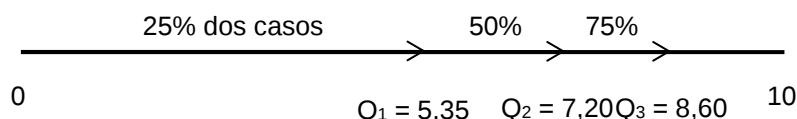
Com a finalidade de facilitar a condução da atividade, são apresentadas algumas sugestões de respostas das questões propostas, as quais serão chamadas de respostas de referência (RR).

- a)** Considerando que a nota mínima para aprovação nessa escola é 5,0 pontos, o que se pode afirmar, a partir da análise do Gráfico 14, a respeito do desempenho desses estudantes em relação ao mínimo necessário?

RR: Por meio da observação atenta do gráfico, é possível contabilizar que 87 alunos, equivalente a $\frac{87}{109} \cong 0,8$ (80%) dos estudantes, obtiveram resultados acima do mínimo necessário. Por outro lado, 22 jovens, que correspondem a 20% do total, estão abaixo dessa nota mínima. Assim, pode-se afirmar que a maioria dos estudantes, em uma proporção de 4 entre 5, obtiveram resultados acima da nota mínima para aprovação, o que pode ser visto como um resultado animador, argumento que pode ser reforçado ao se verificar o número de jovens com notas acima de 8,0: 39 estudantes. Ressalta-se, entretanto, que do ponto de vista de um processo formativo, os 20% dos estudantes com desempenho insuficiente deverão ser acompanhados e orientados pelo educador, com vistas a assimilarem os mínimos necessários, e a avaliação pode ser um poderoso instrumento para conduzi-los nesse caminho.

- b)** A análise do Gráfico 14 e do Gráfico 15, assim como dos valores da média, da mediana e do 1º e 3º quartil, apresentados na Tabela 26, possibilitam identificar a simetria ou a assimetria da distribuição. Como se comporta a simetria dessas observações e o que se pode inferir a respeito do desempenho dos estudantes nessa avaliação com base nessa simetria? Pode-se afirmar que a distribuição dos resultados obedece ao da curva de distribuição normal?

RR: A observação dos gráficos permite verificar uma assimetria para a esquerda (negativa), com “picos” localizados na extremidade direita. Os dados dos quartis corroboram essa afirmação. Posicionando os valores dos quartis em uma semirreta numérica, com extremos em 0 e 10, em escala, observa-se um acúmulo de casos à direita:



Uma outra informação que permite identificar essa assimetria é a comparação do valor da mediana com a média. Sendo o valor da mediana maior que a média, a distribuição possui uma assimetria como descrita anteriormente.

Essa assimetria permite, ainda, afirmar que a maioria dos estudantes obteve desempenho acima da média do grupo, e uma inferência possível é admitir que a maior parte dos alunos apresenta um bom domínio dos conteúdos trabalhados.

Dada a assimetria negativa, a distribuição dos resultados não corresponde a uma distribuição normal, que é simétrica, com a mediana igual à média, e com esses valores localizados no ponto mais alto da curva.

- c) Discuta algumas limitações do uso exclusivo da média aritmética para referenciar o conjunto dos resultados obtidos pelos alunos de uma turma/série em uma avaliação, utilizando os gráficos e tabelas apresentados.

RR: É comum o uso da média aritmética para indicar, na totalidade, o desempenho de uma turma. No entanto, as estatísticas descritivas indicam algumas limitações para o uso exclusivo desse indicador. No caso analisado, a média das notas foi 6,9. Todavia, nada se pode afirmar, somente com esse dado, a respeito da distribuição dos resultados em torno da média. Nessa situação, metade dos alunos obteve desempenho acima de 7,2, valor que corresponde à mediana. Dentre esses, 25% dos participantes, o que corresponde a 27 alunos, conseguiu resultados superiores a 8,6, como indica o 3º quartil. Ao mesmo tempo, como foi visto, 20% dos estudantes, correspondente a 22 alunos, não obtiveram pontuações mínimas necessárias. Essas e outras conclusões só podem ser feitas com o uso de outros indicadores, além da média aritmética.

3.4. ATIVIDADE 3 – TRATAMENTO ESTATÍSTICO COM USO DE PLANILHAS ELETRÔNICAS

A atividade 3 – Tratamento estatístico com uso de planilhas eletrônicas, visa a desenvolver a capacidade dos docentes de utilizar esse tipo de ferramenta para a determinação de estatísticas descritas e para a construção de histogramas, usando resultados obtidos por alunos em uma avaliação da aprendizagem.

Tabela 27 – Atividade 3 – Tratamento estatístico com uso de planilha eletrônica.

Atividade	Descrição
Objetivos:	Utilizar uma planilha eletrônica para o cálculo de estatísticas descritas e para a construção de histogramas a partir de resultados obtidos por alunos em uma avaliação da aprendizagem.
Recursos e materiais necessários:	Computadores em quantidade suficiente para que duplas de participantes disponha de, ao menos, uma máquina. Planilha eletrônica instalada em cada computador ou acesso à internet para o uso de planilhas online.
Preparação prévia:	Solicitar para os professores participantes registros de resultados apurados de seus alunos em uma avaliação da aprendizagem. Solicitar que esses resultados estejam organizados na forma de tabelas, em que cada linha apresente uma identificação do aluno e o seu respectivo escore numérico (um registro por linha). Indicar para o grupo em formação que, quantos mais registros estiverem à disposição de um mesmo grupo (série, turmas etc.), submetidos à uma mesma avaliação, mais apurada tende a ser a análise. ⁵⁵ O orientador da atividade (normalmente o Coordenador Pedagógico) deve ter conhecimento prévio no assunto ou solicitar auxílio de um professor mais experiente no uso dessas tecnologias.
Duração:	6 horas - aula
Conteúdos conceituais:	Estatísticas descritivas clássicas e elaboração de gráficos, especialmente o histograma, com uso de planilhas eletrônicas.
Problema:	A partir dos registros dos desempenhos dos alunos submetidos a uma avaliação da aprendizagem, utilizar uma planilha eletrônica para obter: a) Estatísticas descritivas: média aritmética, mediana, mínimo, máximo, desvio-padrão, 1º e 3º quartis; b) Um histograma que apresente o número de alunos (frequências de ocorrência) que obtiveram notas contidas em intervalos pré-determinados (intervalos de classe).
Estratégia:	Dividir os participantes em duplas. Professores com mais domínio no uso de planilhas eletrônicas devem ser alocados em duplas distintas. ⁵⁶ Apresentar e discutir o problema (e não as possíveis respostas do problema) com o propósito de que ele fique claro para todos os participantes. Apresentar algumas orientações iniciais: a) As duplas têm a liberdade de uso da planilha de sua escolha, especialmente se os integrantes tiverem familiaridade prévia com alguma delas (Excel, OpenOffice, Calc, Google Planilhas etc.); b) As planilhas podem ser online ou instaladas na máquina; c) As produções devem ser salvas em um ambiente de acesso a todos, a combinar entre os integrantes, visando a troca posterior das planilhas. Solicitar a busca pela solução do problema por meio da pesquisa, da tentativa e erro e da mobilização de conhecimentos prévios, indicando algumas possíveis fontes de consulta: a) Explicações disponíveis na Internet, seja na forma de textos ou vídeos; b) Documentação de orientação (tutoriais) do fabricante da planilha; c) Os textos localizados no capítulo 2.1 do presente trabalho, intitulado FUNDAMENTOS DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA CLÁSSICA APLICADA ÀS AVALIAÇÕES DA APRENDIZAGEM; d) Outras fontes de consultas disponíveis: livros, apostilas etc. Auxiliar as duplas de professores em suas dificuldades e dúvidas durante a pesquisa e no uso da planilha. Solicitar que os grupos preparem apresentações, mostrando os resultados obtidos e a forma como esses resultados foram obtidos. Oferecer oportunidade para que os professores com mais domínio prévio tenham comentários adicionais durante as apresentações.
Avaliação:	Sugere-se para essa atividade uma autoavaliação a partir das considerações feitas por todos os participantes, em que os professores compartilhem oralmente suas impressões sobre alguns aspectos, tais como:

-
- a) Dificuldades no uso da ferramenta;
 - b) Procedimentos mais simples descobertos, teclas de atalho etc.;
 - c) Sensações e sentimentos aflorados no uso da ferramenta;
 - d) Significado e pertinência do uso futuro da ferramenta para a análise dos resultados das avaliações propostas para os alunos.
-

ATIVIDADE 3 – ORIENTAÇÕES PARA O COORDENADOR

Em uma sociedade que está em contato rotineiro com as tecnologias, é de se esperar que parte dos professores já tenham alguma experiência com planilhas eletrônicas, ou ao menos conheçam sua utilidade e potencialidade. Nesse sentido, foram realizadas algumas reflexões sobre a relação das pessoas com as tecnologias no item APRENDIZAGEM EM REDE NA SOCIEDADE DO CONHECIMENTO deste trabalho, o qual serviu de inspiração para o incentivo à pesquisa livre pelos professores, uma vez que se acredita que o aprendizado pode ocorrer a partir de múltiplas fontes e de forma autônoma, especialmente entre adultos com formação acadêmica. Mesmo considerando o potencial de aprendizado autônomo dos docentes, defende-se a adequação de se disponibilizar algumas orientações para a realização da atividade.

Na planilha Excel, há um conjunto de utilitários denominados “ferramentas de análise” que facilitam a obtenção das estatísticas descritivas. A habilitação dessas ferramentas é orientada em endereço eletrônico específico, descrito na referência MICROSOFT, 2018(a). Essas ferramentas dispensam o uso de fórmulas, e fornecem, com um único procedimento, todas as estatísticas descritivas necessárias ao objetivo da atividade 3. Diversos vídeos na Internet explicam o uso dessas ferramentas, e o fabricante da planilha disponibiliza um artigo oficial com orientações sobre o seu uso, como apresentado na referência MICROSOFT, 2018(b).

⁵⁵ Esse comentário refere-se ao Teorema do Limite Central, conceito fundamental em estatística que pode ser encontrado em diversas publicações de estatística básica. Ele afirma que, quando o tamanho amostral é suficientemente grande, a distribuição da média tende a uma distribuição normal.

⁵⁶ Por ser uma atividade operacional, que demanda prática com uma tecnologia, não parece adequado grupos com muitos participantes, uma vez que, nessa situação, aumenta-se a probabilidade de inibição de alguns participantes frente a possíveis desenvolturas com a ferramenta por outros. Assim, sugere-se a formação de duplas, de modo a incentivar o contato com a ferramenta por todos, sem deixar de promover as trocas de experiências e o aprendizado com os pares.

3.5. ATIVIDADE 4 – ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DE ITENS DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Essa atividade visa a introduzir o professor nas análises de itens de avaliação aplicados aos seus estudantes, com uso de recursos estatísticos básicos, os quais possibilitarão estudos, inferências e proposição de hipóteses. Defende-se que a eficácia dessas análises será mais bem-sucedida se o professor mobilizar, de forma deliberada, sua experiência anterior, a crítica do próprio trabalho, evitando culpar, de imediato, os estudantes, no caso de resultados inesperados. Espera-se, ainda, que os docentes estejam motivados a revisitarem os propósitos da avaliação e os objetivos da aprendizagem, buscando atuar em consonância com princípios apregoados em programas tal como o *Fostering Communities of Teachers as Learners* (FCTL), apresentado anteriormente neste trabalho, que defende que “um professor competente é membro de uma comunidade profissional e está preparado, disposto e capacitado para ensinar e para aprender com suas experiências práticas”. (SHULMAN e SHULMAN, 2016, p. 123).

Tabela 28 – Atividade 4 – Análise quantitativa e qualitativa de itens de avaliação

Atividade	Descrição
Objetivos:	Obter o Índice de Facilidade (IF) e de Discriminação (ID) dos itens de uma avaliação constituída por questões de múltipla escolha e dicotômicos; Possibilitar a elaboração de reflexões críticas dos itens propostos sobre diversos aspectos (qualidade do item, validade, adequação aos propósitos do curso e outros); Elaborar hipóteses que visam a explicar o desempenho dos estudantes a partir da análise dos valores obtidos de IF e de ID de cada item.
Recursos e materiais necessários:	Computador com acesso à internet e com a planilha Excel instalada. Acertos e erros obtidos por cada estudante em uma avaliação com questões de múltipla escolha e dicotômicos (que consideram apenas as opções “correto” e “incorreto”) ou o uso dos dados disponibilizados no Anexo 4 ⁵⁷. Download de uma planilha-modelo disponível no endereço abaixo: https://drive.google.com/file/d/1VdB9la4VR9Jv6asOVEKPgObIh4VDez8e/view?usp=sharing Impressão da avaliação proposta na qual se referem os dados do Anexo 4: Anexo 5 - Avaliação de Física proposta para 478 alunos das 3^{as} séries do Ensino Médio em uma escola privada de São Paulo(somente para o caso do uso do Anexo 4)
Duração:	6 horas-aula.
Conteúdos conceituais	Índice de Facilidade e de Discriminação de itens de avaliação.
Problema :	De que forma os indicadores IF e ID permitem analisar a qualidade dos itens de uma avaliação e como eles contribuem para a identificação dos conteúdos e/ou habilidades que os alunos aprenderam com mais ou menos desenvoltura? Dividir os participantes em duplas, preferencialmente da mesma disciplina. Professores com mais domínio no uso de planilhas eletrônicas devem ser alocados em duplas distintas. Apresentar e discutir o problema (e não as possíveis respostas do problema) com o propósito de que ele fique claro para todos os participantes. Solicitar para os participantes que, de posse dos acertos e erros obtidos por questão em uma avaliação da aprendizagem com itens de múltipla escolha dicotômicos, - obtenham, com uso da planilha-modelo ou por outros métodos, os índices de facilidade (IF) e de discriminação (ID) para cada item da avaliação; - construam um gráfico de pontos (dispersão) com os valores de ID no eixo das ordenadas (vertical) e de IF no eixo das abscissas (horizontal); - classifiquem os itens quanto à dificuldade e seu potencial de discriminação, com uso da Tabela 15 – Classificação de itens de avaliação com base nos valores do índice de facilidade (IF) – e da Tabela 16 – Classificação da capacidade de discriminação de um item em função de diferentes valores dos índices de discriminação (ID). - Alertar os participantes que, antes da efetuação dos cálculos, os registros devem ser ordenados, em relação aos escores totais da avaliação, em ordem decrescente. Solicitar para os participantes que, de posse dos valores de IF e ID por item, analisem cada questão da avaliação com vistas a elaborar possíveis explicações dos resultados obtidos pelos indicadores, por meio - da releitura atenta do item, atentando-se ao: - grau de complexidade dos conteúdos avaliados; - clareza e correção do enunciado; - alternativas que possam induzir ao erro; - outros fatores que se apresentarem pertinentes à crítica da qualidade do item - da consonância daquilo que o item pretende avaliar com os objetivos do curso; - da adequação da forma como o item pretende avaliar determinado conteúdo/habilidade com a forma com que esses conteúdos/habilidade foram desenvolvidos em sala de aula. Viabilizar a apresentação das análises feitas pelas duplas, as quais devem conter:

	a) Apresentação geral da avaliação (disciplina, conteúdos, série, propósito, período em que foi aplicada, quantidade de questões, duração etc.); b) Gráfico de ID x IF, o qual sintetiza os valores obtidos desses indicadores; c) Análises qualitativas realizadas, seja da adequação dos itens quanto do desempenho dos alunos
Avaliação	Sugere-se para essa atividade a avaliação pelos pares. Essa modalidade de avaliação ocorrerá durante as apresentações pelas duplas, na qual os demais participantes devem ser estimulados a tecerem críticas, ressaltarem os aspectos positivos e aqueles que podem ser aprimorados das análises quantitativas e qualitativas feitas. O mediador da atividade poderá estimular a avaliação, comunicando previamente a todos sobre o propósito dessa modalidade de crítica e convidando os professores a participarem durante as apresentações.

ATIVIDADE 4 – ORIENTAÇÕES PARA O COORDENADOR

Acredita-se que essa atividade demandará do mediador um bom domínio dos conteúdos a serem trabalhados, uma vez que diversas dúvidas podem surgir no decorrer da formação. Essas dúvidas podem incluir: a) as etapas e os algoritmos para o cálculo do IF e do ID; b) o esclarecimento das fórmulas usadas na planilha-modelo para a determinação desses indicadores; c) como usar a planilha-modelo; d) interpretação dos resultados obtidos, e e) inferências e tomadas de decisão decorrentes da análise.

É importante ressaltar para o grupo formativo que esse tipo de análise não é definitiva para a crítica dos itens de avaliação e para o esclarecimento dos comportamentos dos alunos. Mesmo assim, esses estudos possibilitam o planejamento de diversas ações de melhoria do ensino-aprendizagem. Nesse sentido, Vianna (1978), esclarece que:

1. A análise dos itens fornece elementos quantitativos que são necessários, mas não suficientes, para a crítica do item.
2. A análise crítica do item é realizada em função do seu conteúdo e do comportamento que se verifica.
3. A análise do item proporciona elementos que possibilitam ao professor diagnosticar problemas de aprendizagem.
4. Uma das funções da análise de itens é fornecer elementos para o aprimoramento da qualidade dos itens.

⁵⁷ O uso dos dados disponibilizados no Anexo 4 possibilitam a obtenção dos valores de IF e ID por questão, mas comprometem a análise qualitativa dos itens, uma vez que esses resultados foram obtidos em um contexto específico: avaliação somativa aplicada a 478 estudantes das 3^{as} séries do Ensino Médio na disciplina de Física em uma instituição privada de São Paulo. Desse modo, estimula-se a utilização de resultados obtidos pelos próprios professores com seus alunos, os quais serão contextualizados na realidade desse professor.

5. O professor pode desenvolver sua capacidade de elaborar bons itens se utilizar as informações da análise de itens.
6. A análise de itens pode ser feita através de procedimentos simples, sem prejuízo da precisão dos índices calculados.
7. O desenvolvimento da análise de itens, através de diferentes fases, exige a consideração de vários aspectos técnicos, a fim de que os índices sejam válidos.
8. Os índices de dificuldade⁵⁸ e de discriminação traduzem a qualificação estatística do item.
9. Um índice de discriminação alto e um índice mediano de dificuldade são atributos desejáveis, mas que por si não garantem a qualidade do item, que depende, também, da natureza do item e do objetivo a verificar.
10. Existem fatores e problemas técnicos que devem ser levados em consideração para uma interpretação correta dos índices de dificuldade e de discriminação. (VIANNA, 1978, p. 198-199)

As considerações anteriores podem ser apresentadas para o grupo em formação de modo a ressaltar as potencialidades e as limitações desse tipo de análise.

Relativamente aos algoritmos para o cálculo dos indicadores, o item 2.2 PARÂMETROS DESCRITIVOS DE ITENS DE AVALIAÇÃO PELA TEORIA CLÁSSICA DE MEDIDAS (TCM) deste trabalho pode ser utilizado como referência de estudo e esclarecem os procedimentos para o cálculo.

As fórmulas utilizadas na planilha-modelo, e especialmente uma breve interpretação delas, estão disponíveis no Apêndice 2.

3.6. ATIVIDADE 5 – ESTUDO DE CASO EM UMA PERSPECTIVA FORMATIVA

Essa atividade é dividida em dois momentos. A primeira etapa é o compartilhamento de um caso real, em que serão analisados os resultados de uma avaliação aplicada a estudantes do Ensino Médio. O caso deverá servir de exemplo

⁵⁸ O autor utiliza o Índice de Dificuldade, que é o oposto do Índice de Facilidade, apresentado neste trabalho.

e inspiração para que os professores da formação, na segunda etapa, elaborem uma análise quantitativa e qualitativa de uma avaliação proposta para seus alunos.

O caso real a ser apresentado ocorreu no seguinte contexto:

- a) Avaliação de final de bimestre da disciplina de Física, versando sobre os conteúdos Gravitação e Movimento Harmônico Simples.
- b) Aplicada a 478 alunos das 3^{as} séries do Ensino Médio de uma escola privada de São Paulo.
- c) Avaliação constituída por 20 questões de múltipla escolha e 4 questões dissertativas.
- d) O desempenho dos alunos foi registrado em uma escala numérica de zero a 10.
- e) A nota mínima para aprovação é de 5,0 pontos.

Embora seja uma avaliação de verificação acumulativa da aprendizagem (somativa), o intento é realizar uma abordagem formativa a partir da análise dos resultados. Essa análise será utilizada com vistas ao fomento da aprendizagem, por meio de sugestões de ações corretivas para os alunos com dificuldades e outras atividades consonantes com os pressupostos formativos.

Tabela 29 – Atividade 5 – Estudo de caso: Análise quantitativa e qualitativa de uma avaliação aplicada

Atividade	Descrição
Objetivos:	Analisar quantitativamente e qualitativamente os resultados obtidos por 478 alunos das 3 ^{as} séries do Ensino Médio de uma escola privada de São Paulo em uma avaliação de Física.
Recursos e materiais necessários:	Computadores com acesso à internet e com o software Excel instalado. Sistema de projeção. Planilha com o desempenho de cada aluno por questão e demais relatórios estatísticos, disponível no endereço: https://drive.google.com/open?id=1wDTX1fb14n1BYqmVKs-dQVNGPTF0kxabc Impressão ou distribuição eletrônica dos itens da avaliação, disponíveis no Anexo 5 - Avaliação de Física proposta para 478 alunos das 3 ^{as} séries do Ensino Médio em uma escola privada de São Paulo. Preparação prévia da apresentação por um ou mais professor(es) da disciplina de Física.
Duração:	6 horas-aula
Conteúdos conceituais:	Estatísticas descritivas clássicas, índice de facilidade e de discriminação de itens de avaliação, princípios teóricos de avaliação formativa.
Problema:	A partir da apresentação e da compreensão da análise de um caso, como se pode transpor as análises feitas para o estudo das avaliações propostas para os próprios alunos, em uma perspectiva formativa?
Estratégia:	A metodologia predominante será a expositiva-dialogada, com as apresentações feitas por um ou mais especialista(s) em Física e com a possibilidade de interação pelos participantes durante as apresentações.⁵⁹ Iniciar a apresentação do caso por meio da contextualização, de modo a mostrar para os participantes os aspectos descritos anteriormente, no presente trabalho, sobre o contexto da avaliação. Apresentar as estatísticas descritivas, sintetizadas na Tabela 30 e no Gráfico 16 (histograma). Propor questões para fomentar a análise dessas estatísticas, tais como: - Considerando que, para fins de aprovação, a nota mínima necessária é de 5,0 pontos, como se comportaram os resultados dos alunos em relação a esse critério? - Como se distribuem os resultados em torno da média? Pode-se afirmar que a distribuição é simétrica? - Outras apreciações e análises que podem ser feitas, com base nas experiências anteriores dos professores em formação. Apresentar o Gráfico 17 e a Tabela 31 para iniciar a análise dos itens, deixando um intervalo de tempo suficiente para que os participantes possam apreciá-los. Propor questões para fomentar a análise dos itens, tais como: - O IF representa o percentual de acertos do item. Analisando o Gráfico 17, é correto afirmar que a maior parte das questões foi acertada pela maioria dos alunos (50% ou mais)? Como se comporta a distribuição dos IF? - Analisando o Gráfico 17, é possível observar uma relação entre os valores de ID e de IF. Qual é essa relação? Quais as possíveis explicações para essa relação? - A Tabela 31 identifica os conteúdos avaliados para cada item da avaliação. Essa tabela apresenta os valores de IF e ID classificados em relação aos conteúdos avaliados, agrupando-os. Considerando apenas os valores de IF, o que se pode inferir a respeito do domínio dos conteúdos, com base nos acertos obtidos para cada item de conteúdo avaliado? - Observando a Tabela 31, verifica-se que, para o item de conteúdo “campo gravitacional” os alunos obtiveram elevadas taxas de acertos nas questões Q2, T7 e T8. Entretanto, o IF da questão T9 foi de apenas 0,38. Analisando o item (pelo professor de Física), o que poderia explicar o baixo desempenho nessa questão, uma vez que os demais itens sugerem que os alunos apresentam um bom domínio do conteúdo?

	Propor questões para estimular a reflexão sobre tomadas de decisão, em uma perspectiva formativa, a partir das análises feitas, tais como: - Analisando os valores de IF da Tabela 31, qual(is) conteúdo(s) indicam a necessidade de revisão, visando o aprendizado da maioria dos alunos? Da mesma forma, qual(is) conteúdos podem ser aprofundados? - Como pode ser feito o <i>feedback</i> dos resultados dessa avaliação para os alunos? - Quais medidas de apoio podem ser oferecidas para os alunos que apresentam mais dificuldade? Por último, sugere-se que seja feita uma reflexão sobre essas análises, do ponto de vista formativo e do ponto de vista classificatório, visando a diferenciá-las, por meio de questões, tais como: - Em uma perspectiva formativa, em que a avaliação é uma estratégia de aprendizagem, o IF pode assumir maior importância que o ID? Por quê? - Em uma perspectiva classificatória, é adequado realizar as mesmas inferências daquelas feitas no item anterior? Por quê?
Avaliação	Sugere-se a repetição da análise feita com uso de dados obtidos pelos próprios professores com seus alunos, em um modelo similar a um trabalho de conclusão de curso, evidenciando seu caráter prático e focado no desenvolvimento profissional.

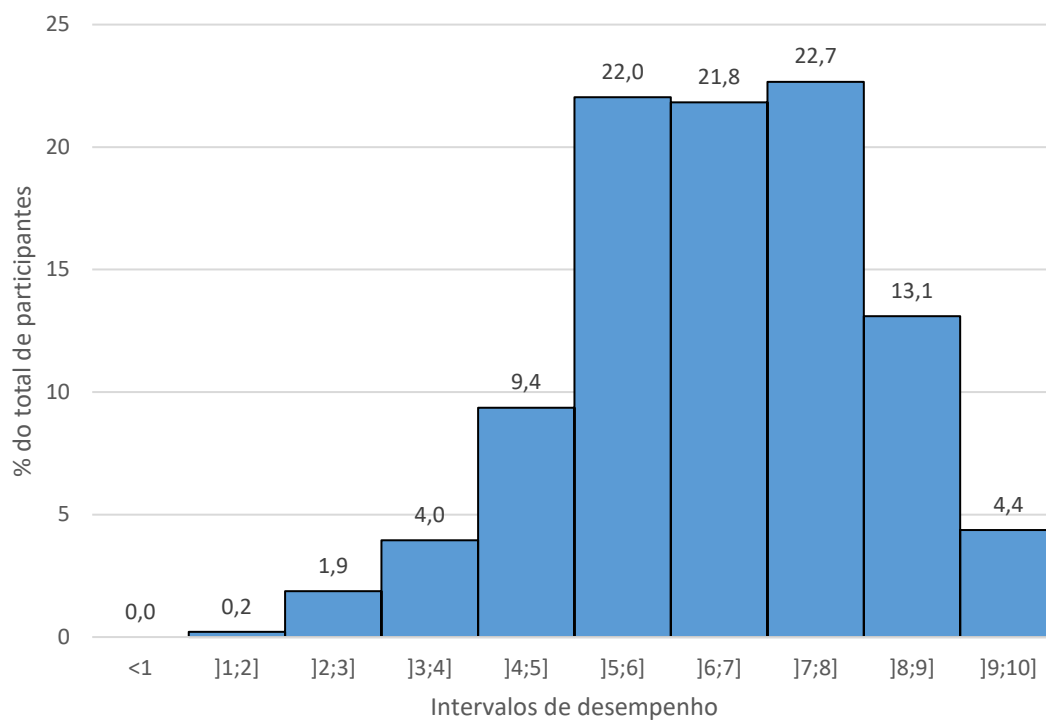
Tabela 30 – Estatísticas descritivas dos resultados obtidos pelos alunos participantes do estudo de caso da atividade 5

Medida	Valor
Média	6,56
Mediana	6,55
Moda	5,65
Desvio padrão	1,57
Amplitude	8,25
Mínimo	1,75
Máximo	10,00
Contagem	478,00
1º quartil	5,56
3º quartil	7,74

Fonte: Anexo 6.

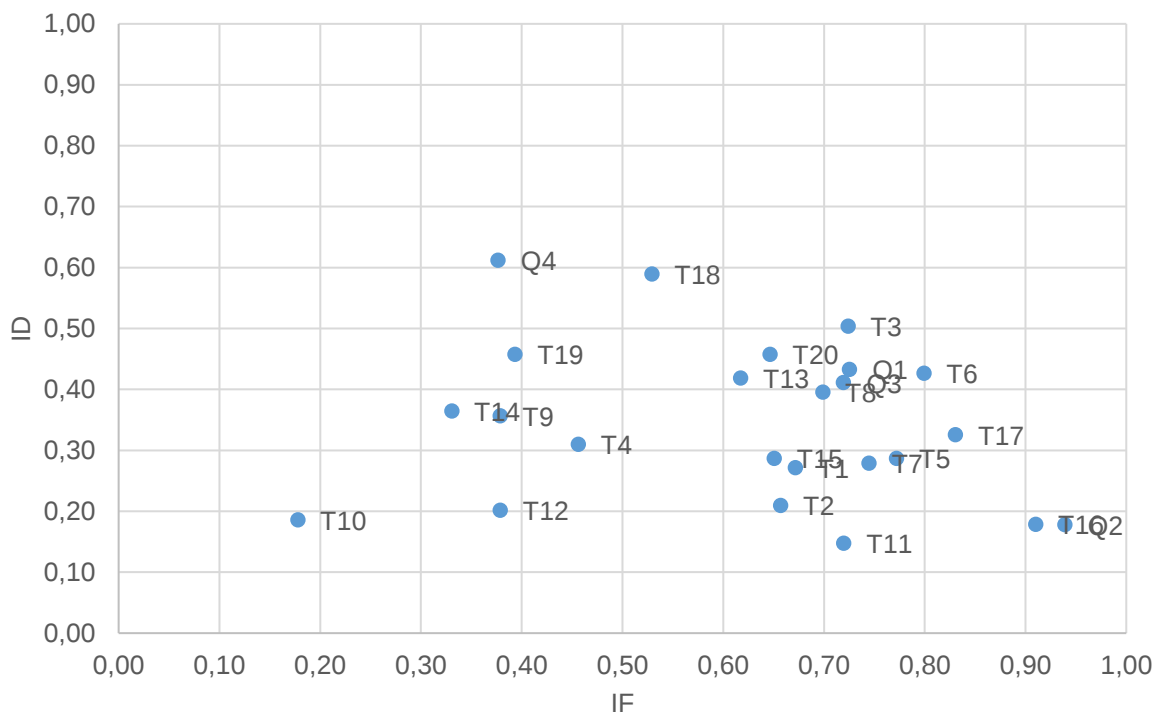
⁵⁹ Como a avaliação é da disciplina de Física e serão analisados aspectos conceituais relacionados aos itens dessa avaliação, é oportuno que a condução dessa atividade seja feita por um especialista na área, embora não seja uma condição limitante, ou seja, na ausência de um especialista, o coordenador pedagógico ou outra pessoa poderá fazer a mediação. Nesse último caso, sugere-se mais preparação prévia.

Gráfico 16 – Distribuição percentual da quantidade de alunos em função dos resultados obtidos em intervalos de 1,0 ponto no estudo de caso da atividade 5.



Fonte: Anexo 6.

Gráfico 17 – Índices de Discriminação (ID) e de Facilidade (IF) dos itens da avaliação aplicados no estudo de caso da atividade 5.



Fonte: Anexo 6.

Tabela 31 – Descrição dos itens da avaliação aplicada no estudo de caso da atividade 5.

Item	Tipo	Conteúdo	Item de conteúdo	IF	ID	IF CLASS	ID CLASS
Q2	D	Gravitação	Campo gravitacional	0,94	0,18	Fácil	Item deficiente, que deve ser rejeitado
T7	M	Gravitação	Campo gravitacional	0,74	0,28	Fácil	Item marginal, sujeito a reelaboração
T8	M	Gravitação	Campo gravitacional	0,70	0,40	Fácil	Boa discriminação
T9	M	Gravitação	Campo gravitacional	0,38	0,36	Difícil	Boa discriminação, mas item sujeito a aprimoramento
T6	M	Gravitação	Lei da gravitação universal	0,80	0,43	Fácil	Boa discriminação
T5	M	Gravitação	Lei da gravitação universal	0,77	0,29	Fácil	Boa discriminação, mas item sujeito a aprimoramento
Q1	D	Gravitação	Lei da gravitação universal	0,73	0,43	Fácil	Boa discriminação
Q3	D	Gravitação	Lei da gravitação universal	0,72	0,41	Fácil	Boa discriminação
T4	M	Gravitação	Lei da gravitação universal	0,46	0,31	Médio	Boa discriminação, mas item sujeito a aprimoramento
Q4	D	Gravitação	Lei da gravitação universal	0,38	0,61	Difícil	Boa discriminação
T3	M	Gravitação	Leis de Kepler	0,72	0,50	Fácil	Boa discriminação
T1	M	Gravitação	Leis de Kepler	0,67	0,27	Médio	Item marginal, sujeito a reelaboração
T2	M	Gravitação	Leis de Kepler	0,66	0,21	Médio	Item marginal, sujeito a reelaboração
T11	M	Gravitação	Órbitas circulares	0,72	0,15	Fácil	Item deficiente, que deve ser rejeitado
T15	M	Gravitação	Órbitas circulares	0,65	0,29	Médio	Item marginal, sujeito a reelaboração
T13	M	Gravitação	Órbitas circulares	0,62	0,42	Médio	Boa discriminação
T12	M	Gravitação	Órbitas circulares	0,38	0,20	Difícil	Item marginal, sujeito a reelaboração
T14	M	Gravitação	Órbitas circulares	0,33	0,36	Difícil	Boa discriminação, mas item sujeito a aprimoramento
T10	M	Gravitação	Órbitas circulares	0,18	0,19	Difícil	Item deficiente, que deve ser rejeitado
T19	M	MHS	Conservação da energia	0,39	0,46	Difícil	Boa discriminação
T17	M	MHS	Função horária	0,83	0,33	Fácil	Boa discriminação, mas item sujeito a aprimoramento
T20	M	MHS	Função horária	0,65	0,46	Médio	Boa discriminação
T18	M	MHS	Função horária	0,53	0,59	Médio	Boa discriminação
T16	M	MHS	Projeção do movimento	0,91	0,18	Fácil	Item deficiente, que deve ser rejeitado

Fonte: Anexo 6.

Legenda:

M = múltipla escolha

D = dissertativo

IF CLASS = classificação quanto ao índice de facilidade

ID CLASS = classificação quanto ao índice de discriminação

ATIVIDADE 5 – ORIENTAÇÕES PARA O COORDENADOR

É possível que a implementação dessa atividade demande algumas dificuldades, uma vez que ela se refere à análise quantitativa e qualitativa dos resultados obtidos em uma avaliação aplicada em um contexto específico de uma disciplina específica, os quais podem não ser a realidade encontrada na unidade escolar em que ocorre a formação. Nesse caso, sugere-se reforçar que o objetivo é aprimorar o **método** de análise, e não avaliar o **objeto** (no caso, a avaliação utilizada como exemplo). Independente do objeto utilizado no estudo, as análises poderão ser mobilizadas em outras avaliações, especialmente aquelas que serão propostas pelos professores para seus alunos.

Visando auxiliar o estudo de caso, serão apresentadas algumas respostas de referência (RR) para as questões propostas na atividade 5

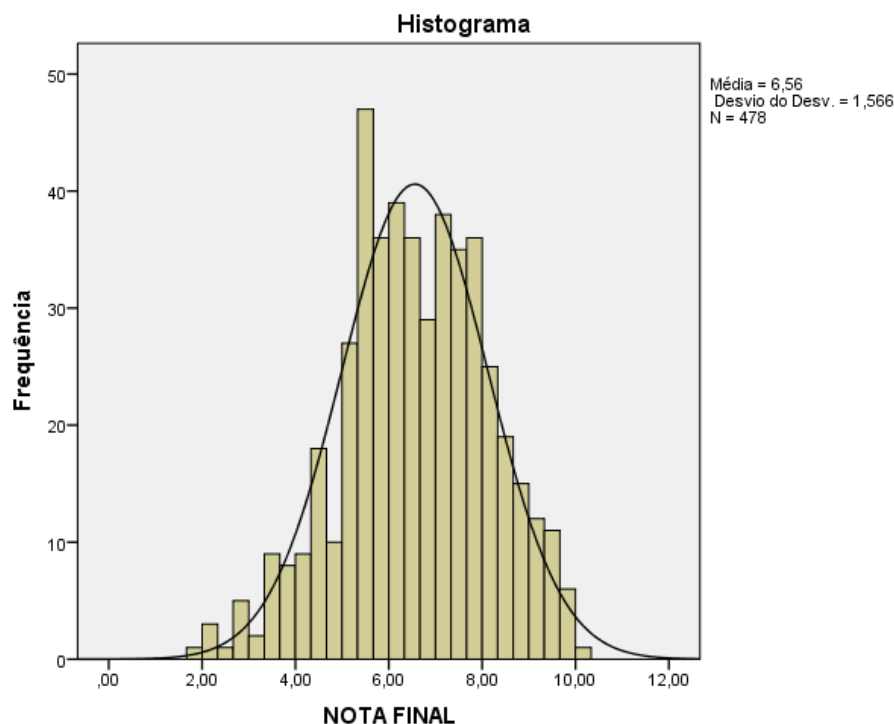
1. Considerando que, para fins de aprovação, a nota mínima necessária é de 5,0 pontos, como se comportaram os resultados dos alunos em relação a esse critério?

RR: *Observando as estatísticas descritivas e o Gráfico 16, verifica-se que 84% dos estudantes, o que equivale a 402 alunos, obtiveram nota acima do mínimo esperado. Esse resultado pode ser considerado animador, uma vez que esse percentual equivale a dizer que cerca de 4 entre 5 alunos conquistou mais que o mínimo necessário para fins de certificação. Julga-se oportuno ressaltar, em consonância com a abordagem formativa, que 16% dos estudantes que obtiveram desempenho inferior, equivalente a 76 alunos, devem ter garantido o direito ao conhecimento, o que implica no compromisso do educador em ofertar atividades de recuperação desses conteúdos, ou dos conteúdos específicos em que cada aluno apresenta dificuldade, como se poderá identificar posteriormente com as informações da Tabela 31.*

2. Como se distribuem os resultados em torno da média? Pode-se afirmar que a distribuição é simétrica?

RR: A Tabela 30 mostra que a média foi de 6,56, enquanto que o 1º quartil = 5,56, o 2º quartil (mediana) = 6,55 e o 3º quartil = 7,74. As distâncias entre os quartis sucessivos foram próximas, em torno de 1,0 ponto, e a mediana e a média possuem valores convergentes. Dessa forma, pode-se afirmar que a distribuição possui boa simetria, embora não seja uma distribuição normal. Se considerarmos como uma distribuição aproximadamente normal, é possível afirmar que em torno de 68% dos estudantes obtiveram notas no intervalo $(\bar{M} - \sigma; \bar{M} + \sigma)$, ou seja, $(6,56 - 1,57; 6,56 + 1,57) = (4,99; 8,13)$.

Gráfico 18 – Distribuição dos resultados do caso estudado na atividade 5 comparada à curva normal.



Fonte: Anexo 6, elaborado no software estatístico SPSS.

3. O IF representa o percentual de acertos do item. Analisando o Gráfico 17, é correto afirmar que a maior parte das questões foi acertada pela maioria dos alunos (50% ou mais)? Como se comporta a distribuição dos IF?

RR: Observando atentamente o Gráfico 17, é possível contabilizar apenas 7 itens com IF inferior a 0,5. Dessa forma, de um total de 24 questões, 17 itens possuem IF superior a 0,5, o que equivale a dizer que 50% ou mais dos alunos acertaram cada um desses 17 itens. Ressalta-se, todavia, que não são, necessariamente, os mesmos alunos.

4. Analisando o Gráfico 17, é possível observar uma relação entre os valores de ID e de IF. Qual é essa relação? Quais as possíveis explicações para essa relação?

RR: a relação que se pode observar, e que é recorrente, é que para os maiores e menores valores de IF, os valores de ID tendem a diminuir, ao passo que para os valores centrais de IF (em torno de 0,5), os valores de ID tendem ao máximo. Os maiores valores de IF indicam que o item foi considerado fácil pela maioria dos estudantes, e assim tanto os alunos mais proficientes quanto os menos proficientes o assinalaram corretamente, o que diminui a discriminação. No sentido contrário, para itens com baixos valores de IF, considerado difícil por elevado percentual dos estudantes, tanto os mais quanto os menos proficientes tendem a errá-lo, o que também diminui a discriminação.

5. A Tabela 31 identifica os conteúdos avaliados para cada item da avaliação. Essa tabela apresenta os valores de IF e ID classificados em relação aos conteúdos avaliados, agrupando-os. Considerando apenas os valores de IF, o que se pode inferir a respeito do domínio dos conteúdos, com base nos acertos obtidos para cada item de conteúdo avaliado?

RR: Toma-se como exemplo o item de conteúdo “Lei da Gravitação Universal”, o qual foi avaliado por mais questões no exame. Os valores de IF identificados na Tabela 31 são:

Item	Tipo	Conteúdo	Item de conteúdo	IF	ID	IF CLASS	ID CLASS
T6	M	Gravitação	Lei da gravitação universal	0,80	0,43	Fácil	Boa discriminação
T5	M	Gravitação	Lei da gravitação universal	0,77	0,29	Fácil	Boa discriminação, mas item sujeito a aprimoramento
Q1	D	Gravitação	Lei da gravitação universal	0,73	0,43	Fácil	Boa discriminação
Q3	D	Gravitação	Lei da gravitação universal	0,72	0,41	Fácil	Boa discriminação
T4	M	Gravitação	Lei da gravitação universal	0,46	0,31	Médio	Boa discriminação, mas item sujeito a aprimoramento
Q4	D	Gravitação	Lei da gravitação universal	0,38	0,61	Difícil	Boa discriminação

Observa-se que os percentuais de acertos dos itens T6, T5, Q1 e Q3 foram elevados, superando a marca de 70%. A discriminação desses itens foi igualmente boa, o que sugere uma boa capacidade de separação dos alunos mais ou menos proficientes. Esses resultados apontam para um bom domínio dos conteúdos básicos pela maioria dos estudantes, especialmente após a leitura atenta dessas questões. Entretanto, os percentuais de acertos (IF) das questões T4 e Q4 foram mais baixos, especialmente do item Q4. Ao se ler essas questões, e mais uma vez especialmente a Q4, evidencia-se que o professor procurou desafiar os alunos com um item de complexidade acima dos demais da prova. Nas referências da questão, observa-se que ela fora proposta em um exame de olimpíada de Física. Dessa forma, não parece ser uma questão apropriada para julgar o aprendizado básico do conteúdo por todos os alunos, mas pode ser usada para identificar talentos e estimular jovens com afinidades na área, e nesse sentido é um item muito interessante.

6. Observando a Tabela 31, verifica-se que, para o item de conteúdo “campo gravitacional”, os alunos obtiveram elevadas taxas de acertos nas questões Q2, T7 e T8. Entretanto, o IF da questão T9 foi de apenas 0,38. Analisando o item (pelo professor de Física), o que poderia explicar o baixo desempenho nessa questão, uma vez que os demais itens sugerem que os alunos apresentam um bom domínio do conteúdo?

RR: Lendo-se atentamente o item, não se verifica falta de clareza no enunciado ou informações faltantes para a resolução do problema. Na verdade, ocorre o contrário: a questão é objetiva e o desafio é claro. Contudo, com base na experiência de professor da área, a questão demanda diversos desafios ao estudante, tanto de ordem conceitual (leis da Física) quanto das operações matemáticas. Assim, uma hipótese possível de baixo desempenho no item pode estar associada à dificuldade da questão, e não necessariamente à inabilidade com o conteúdo, uma vez que ele foi avaliado positivamente por outros itens.

7. Analisando os valores de IF da Tabela 31, qual(is) conteúdo(s) indicam a necessidade de revisão, visando o aprendizado da maioria dos alunos? Da mesma forma, qual(is) conteúdos podem ser aprofundados?

RR: Os valores de IF dos conteúdos “Órbitas circulares” e “MHS” apresentam certa inconsistência, com a presença de escores elevados, medianos e baixos. Parece adequado para o professor rever a qualidade dos itens e as dificuldades desses assuntos com os alunos, de modo a oferecer estratégias de revisão ou de reavaliação, se for o caso. Por outro lado, “Lei da Gravitação Universal” parece ser um assunto de bom domínio, considerando as especificidades das questões com valores mais baixos de IF, como foi discutido anteriormente. Esses dados apontam para a possibilidade de aprofundamento, seja conceitual ou prático, como visitas monitoradas em centros de astronomia.

8. Como pode ser feito o feedback dos resultados dessa avaliação para os alunos?

RR: As formas de feedback variam bastante, de acordo com a experiência do professor. Defende-se que o feedback seja feito imediatamente após a divulgação dos resultados, fundamentado nas análises feitas a partir dos escores observados, evitando-se apreciações subjetivas, e com indicação de atividades corretivas para os alunos com dificuldades, assim como a disponibilização de trabalhos visando o aprimoramento, para os alunos com potencialidades.

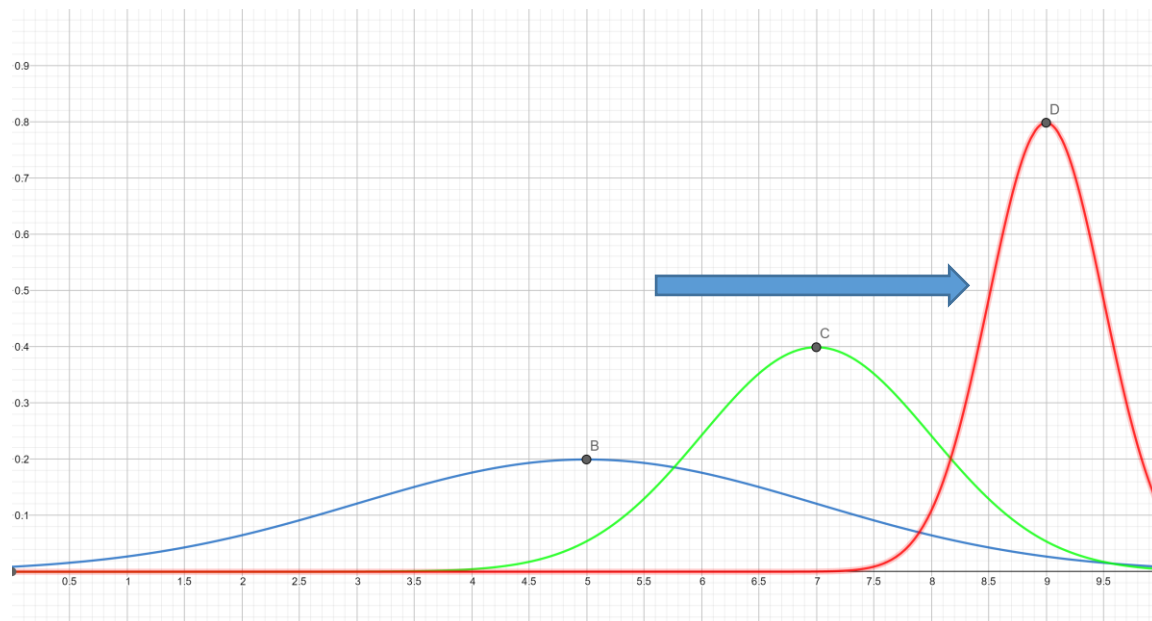
9. Quais medidas de apoio podem ser oferecidas para os alunos que apresentam mais dificuldade?

RR: Os professores utilizam diversos tipos de atividades de reforço: exercícios-extras, leituras complementares, reescritas, pesquisas etc. Na perspectiva que se defende neste trabalho, a análise minuciosa dos resultados individuais pode contribuir para a identificação de dificuldades específicas. Dentre os conteúdos avaliados no exame utilizado no estudo de caso, é provável que alguns alunos apresentem dificuldades em apenas alguns deles, sendo desnecessária a realização de atividades complementares de todos os conteúdos avaliados no exame. Defende-se, assim, uma espécie de “customização do reforço”, por meio da indicação de atividades complementares consonantes às deficiências identificadas.

10. Em uma perspectiva formativa, em que a avaliação é uma estratégia de aprendizagem, é correto afirmar que o IF assume uma importância maior que o ID? Por quê?

RR: Defende-se que sim, uma vez que a perspectiva formativa da avaliação procura integrá-la ao processo de ensino como mais uma estratégia que visa a garantir o direito ao aprendizado. Em última instância, o que se deseja, em um plano ideal, é a obtenção de $IF = 1$ e $ID = 0$ (100% de acerto por todos os alunos) para todos os itens de uma avaliação, sem se perder de vista a qualidade dos itens e os objetivos de aprendizagem. Espera-se que o intento do professor que atua em uma perspectiva formativa da avaliação deve ser o de promover estratégias que conduzam seus alunos a obterem médias cada vez maiores com desvios-padrões cada vez menores, deslocando as curvas de distribuição das notas para a direita, ao mesmo tempo em que elas se tornam mais “finas”. O gráfico a seguir representa esse tipo de transformação:

Gráfico 19 – Evolução teórica desejável da distribuição dos resultados em avaliações formativas.



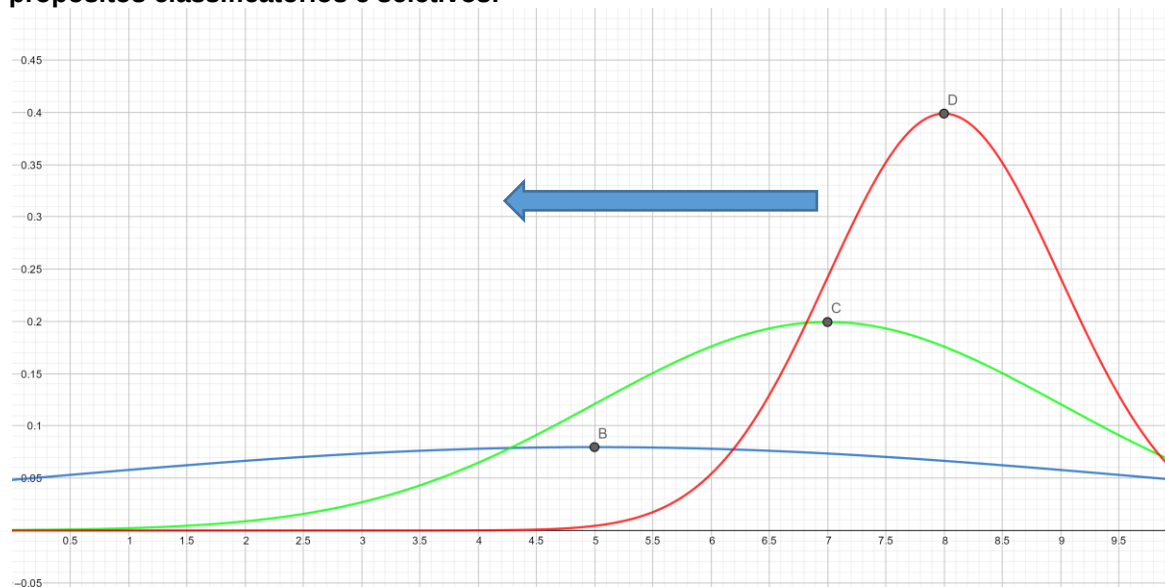
O gráfico representa três distribuições normais. A curva de cor azul é uma normal com média (μ) igual a 5,0 e desvio-padrão (σ) igual a 2,0. A curva verde possui $\mu = 7,0$ e $\sigma = 1,0$ e a curva vermelha $\mu = 9,0$ e $\sigma = 0,5$. A seta indica o sentido desejável da evolução do desempenho dos alunos: médias cada vez maiores e notas menos dispersas.

Fonte: Elaboração própria no software GeoGebra.

11. Em uma perspectiva classificatória, é adequado realizar as mesmas inferências daquelas feitas no item anterior? Por quê?

RR: Não, uma vez que na perspectiva classificatória, o intento é discriminar os alunos em relação aos seus desempenhos, separando-os por categorias de notas ou simplesmente classificando-os em relação aos escores obtidos. No caso de processos seletivos, em que se busca a maior discriminação possível, especialmente nas faixas de alto desempenho, elaboram-se exames para que os resultados obtidos pelos alunos sejam dispersos, com elevado desvio-padrão, de modo que a curva de distribuição fique cada vez mais “aberta”, como mostra o esquema:

Gráfico 20 – Evolução teórica desejável da distribuição dos resultados em avaliações com propósitos classificatórios e seletivos.



A curva de cor azul é uma normal com $\mu = 5,0$ e $\sigma = 5,0$. A curva verde possui $\mu = 7,0$ e $\sigma = 2,0$ e a curva vermelha $\mu = 8,0$ e $\sigma = 1,0$. No caso das avaliações classificatórias e com propósito seletivo, deseja-se a melhor discriminação possível, o que ocorre na curva azul, dentre as indicadas.
Fonte: Elaboração própria no software GeoGebra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho visou a elaboração de uma proposta de intervenção que possa contribuir para a melhoria da educação, por meio de um plano de formação continuada para professores e coordenadores pedagógicos. Esse plano pretende fomentar o desenvolvimento de práticas que aprimorem as análises quantitativas e qualitativas dos resultados das avaliações da aprendizagem, especialmente pelos professores que ministram aulas entre o 6º ano do Ensino Fundamental e o 3º ano do Ensino Médio.

Nesse paradigma, as conclusões finais serão apresentadas com base nos seguintes aspectos:

- Análise crítica em relação aos pressupostos expressos no objetivo geral e nos objetivos específicos: os objetivos foram atingidos?
- Autoavaliação, considerando os desafios da pesquisa.
- Apresentação e reflexão sobre possibilidades de continuidade das pesquisas realizadas.

Este trabalho atingiu seu objetivo geral? Sim, o plano de formação foi proposto da forma como apregoa o objetivo geral, mas reconhecem-se limitações e vislumbram-se possibilidades de continuidade de pesquisa.

As pesquisas teóricas realizadas no capítulo II visavam o levantamento de fundamentos conceituais que, em parceria com as experiências profissionais do autor deste trabalho, possibilitassem a elaboração de um plano de formação com boa consistência e com potencial de implementação efetiva.

Durante as pesquisas bibliográficas, não foram identificados trabalhos anteriores com o propósito similar ao deste trabalho. Essa constatação possibilitou a elaboração de um trabalho inovador, mas ao mesmo tempo despertou certa insegurança, uma vez que estavam ausentes outros referenciais teóricos para o confronto.

Considerando os objetivos específicos, a totalidade do trabalho contemplou as expectativas enunciadas neles em diferentes níveis. Relativamente aos métodos quantitativos, enunciados nos objetivos específicos a) e b), foram selecionados aqueles mais adequados para o intento do trabalho. Essa seleção contou com uma fundamentação teórica identificada na vasta bibliografia da Estatística e em diversos estudos relacionados. Optou-se por uma abordagem contextualizada dos métodos quantitativos, adequando-os para a realidade das avaliações da aprendizagem e apresentando-os de forma didática, uma vez que se reconhece as diferentes formações dos professores da educação básica.

No que se refere às tomadas de decisão pelo docente com base nas análises dos resultados das avaliações da aprendizagem, meta expressa no objetivo específico c), a pesquisa procurou inovar por meio da proposição de diversas ações, considerando, mais uma vez, a relação entre teoria e prática. As vivências e as experiências profissionais pessoais foram fundamentais para a elaboração dessas propostas de ação, em parceria com a formação adquirida na totalidade do programa de Mestrado.

O plano de formação considera, de forma intencional e deliberada, nas suas diversas atividades, as especificidades da aprendizagem do adulto e de uma abordagem formativa da avaliação, como foi delimitado no item d) dos objetivos específicos. Considera-se que essa abordagem foi fundamental para a proposição do plano, mas reconhece-se que ela pode ficar sujeita a críticas e aprimoramentos.

Esta pesquisa mostrou-se um desafio superior ao inicialmente dimensionado. Não foram utilizados estudos em campo, entrevistas, observações de aula, pesquisas estruturadas e outros métodos de levantamento de informações frequentemente mobilizados em dissertações de Mestrado. Ousou-se pela proposição autoral de um plano de formação, fundamentada em pesquisas e na prática profissional, o qual demandou criatividade e inventividade.

Uma vez que o plano de formação não fora aplicado, abre-se a oportunidade de continuidade deste estudo, por meio de um projeto de pesquisa que revise este trabalho e o implemente. Acredita-se que muitas inovações possam surgir em decorrência desses futuros estudos, o que contribuirá, ainda mais, para a melhoria de aspectos importante da educação.

Em suma, conclui-se que o plano proposto neste trabalho pode servir de protótipo para a elaboração de futuros planos mais sofisticados e abrangentes, os quais poderão contar com os levantamentos e pesquisas realizadas neste trabalho. Acrescenta-se a essa percepção o empenho dedicado a esta pesquisa, que manteve foco no rigor acadêmico e no desejo de contribuir, de forma efetiva, para o aprimoramento da educação brasileira. Por fim, defende-se que a totalidade dos textos produzidos e as atividades de formação continuada sugeridas tornam essa proposta de intervenção bem-sucedida.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Sandro H. V.; ANTUNES, Mitsuko M. **A teoria vygotskiana sobre memória: possíveis implicações para a educação**. Reunião Anual da ANPED, 29, Anais GT20, 2005.

AMARAL, R. (Org.). **Sociedade do conhecimento: novas tecnologias, risco e liderança**. Lages: Ed. Uniplac, 2006.

ANGOFF, Willian H. **Scales, Norms and Equivalent Scores**. Educational Testing Service. Princeton, New Jersey: Ed. Educational Testing Service, 1984.

BONNIOL, Jean Jacques; VIAL, Michel. **Modelos de avaliação: textos fundamentais com comentários**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

BOTTER, D. A *et al.* **Noções de estatística com apoio computacional – versão preliminar**. Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais (Inep). **Para que serve o Ideb**. Brasília, DF: MEC/Inep, 2009a. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/web/saeb/aneb-e-anresc>. Acesso em: 09 out. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais (Inep). **Histórico do Saeb**. Brasília, DF: MEC/Inep, 2009b. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/web/saeb/aneb-e-anresc>. Acesso em: 09 out. 2016.

BRINCKMANN, Roque. **A Avaliação Formativa da Aprendizagem através da Matemática nebulosa – Uma proposta metodológica**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas). Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

BURCH, S. Sociedade da informação/sociedade do conhecimento. In: AMBROSI, A.; PEUGEOT, V.; PIMENTA, D. **Desafios das palavras**. Ed. VECAM, 2005. Disponível em: <https://vecam.org/archives/article519.html>. Acesso em: 24 set. 2017.

CAPELO, Dinah Feijó. **Compreensão do Processo de Avaliação Formativa da Aprendizagem e sua presença em projetos curriculares inovadores**. 2014. 97 f. Dissertação (Mestrado em Educação: Currículo). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2014.

CARVALHO, José I. F.; GITIRANA, Verônica. Média Aritmética – Uma Análise das Atividades do Livro Didático de Matemática Adotados no Brasil. Artigo. **Acta Latinoamericana de Matemática Educativa**, México, D.F., v. 27, p. 681-688, 2014.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. v. 1. 8. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2000.

COMVEST – Comissão Permanente para os Vestibulares. **Anuário Vestibular Unicamp – 2015**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2015.

CORSO, Helena V. *et al.* Metacognição e Funções Executivas: Relações entre os Conceitos e Implicações para a Aprendizagem. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 29, n. 1, p. 21-29, jan.-mar. 2013.

CRESPO, Antônio Arnot. **Estatística fácil**. 13. ed. São Paulo: Saraiva, 1995.

CRONBACH, L. J. Course improvement through evaluation. **Teachers College Record**, 64. Columbia University, 1963.

CURY, Andréa Z.; FILHO, Naércio A. M.; FARIA, Ernesto M. A relação entre mensalidade escolar e proficiência no ENEM. Artigo. 20p. **Insper Institute of Education and Research**, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/255612158>. Acesso em: 30 abr. 2018.

DUROST, Walter N.; PRESCOTT, George A. **Essentials of Measurement for Teachers**. New York, Chicago, Burlingame: Harcourt, Brace & World, Inc, 1962.

DZIEKANIAK, Gisele e ROVER, Aires. Sociedade do Conhecimento: características, demandas e requisitos. Artigo. DataGramaZero – **Revista de Informação**. v. 12, n. 5, out. /11. Disponível em: <http://www.egov.ufsc.br/portal/conteudo/artigo-sociedade-do-conhecimento-caracter%C3%ADsticas-demandas-e-requisitos>. Acesso em: 25 set. 2017.

ESCRIVÃO FILHO, Edmundo; RIBEIRO, Luís R.C. Inovando no ensino de administração: uma experiência com a aprendizagem baseada em problemas (PBL). **Cad. EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 6, n. esp., p. 1-9, ago. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-39512008000500004&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 01 jul. 2018.

FELICIO, F.; FERNANDES, R. O Efeito da Qualidade da Escola sobre o Desempenho Escolar: Uma avaliação do Ensino Fundamental no Estado de São

Paulo. In: Encontro Nacional de Economia, 2005, Natal. **Anais do XXXIII Encontro Nacional de Economia**, 2005.

FERREIRA, Carlos Alberto. **A avaliação no cotidiano da sala de aula**. Porto, Portugal: Porto Editora, 2010.

FILHO, Antônio A. O.; FONSECA, Mariana A. **Análise de itens e da confiabilidade de um teste de avaliação de conhecimentos – um estudo de caso**. 2006. 62f. Projeto apresentado na disciplina de Laboratório de Estatística II do curso de Estatística do Departamento de Estatística do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

FLORIANO, Jani. **Aprendizagem do adulto: Um estudo sobre alunos do Curso de Ciências Econômicas**. 2013. 137 f. Tese (Doutorado em Educação – Psicologia da Educação). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2013.

FUJIKAWA, Mônica Matie. **O registro como pretexto e como objeto de reflexão da prática pedagógica: um exercício de parceria entre coordenadora e professores**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação). Escola de Comunicação, educação e Humanidades. Universidade Metodista de São Paulo, São Paulo, 2004.

GAL, I. Adult's Statistical Literacy: meanings, components, responsibilities. **International Statistical Review**, v. 70, n.1, p. 1-25, 2002.

GARANI, Solange R. **Interação social na aprendizagem do adulto: Estudo de caso das aulas práticas na Escola da Magistratura do Paraná**. 2004. 204 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Setor de Educação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

GUILFORD, J. P. **Fundamental Statistics in Psychology and Education**. 1^a ed. New York and London: McGraw-Hill Book Company, Inc, 1942.

HADJI, Charles. **Avaliação desmistificada**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

KUNSCH, Margarida M. K. **Planejamento de relações públicas na comunicação integrada**. São Paulo: Summus, 4^a ed., 2003.

LA TAILLE, Ives; OLIVEIRA, Martha K.; DANTAS, Heloysa. **Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicognéticas em discussão**. São Paulo: Summus, 1992.

LEITE, Diogo J. L. B. **Média Aritmética Ponderada: Um estudo detalhado da influência dos pesos no posicionamento da média, propriedades e**

aplicações. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado em Matemática). Departamento de Matemática. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

LÉVY, P. **A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço**. São Paulo: Ed. Loyola, 1998.

LIRA, Sachiko A.; NETO, Anselmo C. Coeficientes de Correlação para Variáveis Ordinais e Dicotômicas Derivados do Coeficiente Linear de Pearson. **RECIE**, Uberlândia, v. 15, n. 1/2, p. 45-53, jan.-dez. 2006.

LUKAS, Jose Francisco Mujika; ETXEBERRIA, Karlos Santiago. **Evaluacion educativa**. 2ª ed. Madrid: Alianza, 2009. p. 91-92.

MAGINA, Sandra *et al.* Concepções e concepções alternativas de média: Um estudo comparativo entre professores e alunos do Ensino Fundamental. **Educar em Revista**, Curitiba, n. especial 2, p. 59-71, 2010, UFPR.

MANDIM, Daniel. **Estatística descomplicada**. 7ª ed. Brasília: Vestcon, 2001.

MEDEIROS, Carlos A. **Estatística aplicada à educação**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007.

MICROSOFT. Carregar as ferramentas de análise no Excel. **Artigo**. Disponível em: <https://support.office.com/pt-br/article/carregar-as-ferramentas-de-an%C3%A1lise-no-excel-6a63e598-cd6d-42e3-9317-6b40ba1a66b4>. Acesso em: 03 jun. 2018 (a).

MICROSOFT. Usar Ferramentas de Análise para executar análises de dados complexas. **Artigo**. Disponível em <https://support.office.com/pt-br/article/usar-ferramentas-de-an%C3%A1lise-para-executar-an%C3%A1lises-de-dados-complexas-6c67ccf0-f4a9-487c-8dec-bdb5a2cefab6?ui=pt-BR&rs=pt-BR&ad=BR>. Acesso em: 03 jun. 2018 (b).

MOHALLEN, D. F. **Avaliação do Coeficiente de Variação como medida da precisão em experimentos com frango de corte**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Faculdade de Medicina Veterinária. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008

MORETTIN, Pedro A.; BUSSAB, Wilton O. **Estatística básica**. 8ª ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

MORICONI, Gabriela M. (Coord.). Formação continuada de professores: contribuições da literatura baseada em evidências. **Textos FCC: relatórios técnicos**, São Paulo: Fundação Carlos Chagas, v. 52, p. 1-59, 2017.

NOVA, Eliel G.V. **Análise Comparativa entre Avaliação Diagnóstica e Desempenho Escolar no Colégio Militar de Campo Grande – Via Intervalos de Confiança Bootstrap**. 2014. 71p. Dissertação (Mestrado em Matemática). Instituto de Matemática. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2014.

OLIVEIRA, Marta K. Jovens e adultos como sujeitos de conhecimento e aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, n. 12, p. 59-72, set./out./nov./dez., 1999.

PALINCSAR, A. S. BROWN, A. L.: Advancing a Theoretical Model of Learning and Instruction. In: ZIMMERMAN, Barry J.; SCHUNK, Dale H. (Orgs.). **Educational Psychology: a century of contributions**. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, p. 459-475, 2003.

PERRENOUD, Phillipe. **Avaliação – Da excelência à regulação das aprendizagens, entre duas lógicas**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

PLACCO, Vera M. N. S.; SOUZA, Vera L.T. (Orgs.). **Aprendizagem do adulto professor**. São Paulo: Ed. Loyola, 2ª ed., 2015.

PRIMI, Ricardo. Psicometria: fundamentos matemáticos da Teoria Clássica dos Testes. **Avaliação Psicológica**. Itatiba, v. 11, n. 2, p. 297-307, ago. 2012. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712012000200015&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 21 jul. 2017.

PUC-SP. **Apresentação do mestrado profissional em Educação: Formação de Formadores**. 2018. Disponível em: <http://www.pucsp.br/pos-graduacao/mestrado-e-doutorado/educacao-formacao-de-formadores>. Acesso em: 30 abr. 2018.

PUC-SP. **Regulamento do Programa de Mestrado Profissional em Educação: formação de formadores**. 2012. Disponível em: <http://www1.pucsp.br/sites/default/files/download/posgraduacao/programas/educacaoformacaoformadores/regulamento-revisto.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2018.

RIBEIRO, Elizabete. **Avaliação Formativa em foco: Concepção e características no discurso discente**. 138f. Dissertação (Mestrado em Educação). Centro de Educação, Comunicação e Artes. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

ROMÃO, José Eustáquio. **Avaliação dialógica: desafios e perspectivas**. São Paulo: Ed. Cortez/ Instituto Paulo Freire, 6ª ed., 2005.

ROQUE, Antônio. **Correlação quando uma variável é nominal**. 02 de mar. 2015. 6p. Notas de Aula-17. Disponível em: <http://sisne.org/Disciplinas/Grad/ProbEstat2/>. Acesso em: 21 jul. 2017.

SANTOS, Elzicléia T. **Do Aprender ao Ensinar: significados construídos pelos futuros docentes no aprendizado com e sobre as tecnologias digitais**. 2012. 336 f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

SANTOS, Elzicléia T.; FREITAS, Maria T. de A. Aprendizagem do adulto professor com as tecnologias digitais: uma leitura vygotskiana. **33ª Reunião Anual da ANPED**. Caxambu, out. 2010. Disponível em: <http://33reuniao.anped.org.br/internas/ver/trabalhos-gt20>. Acesso em: 15 out. 2017.

SANTOS, Leonor. A articulação entre a avaliação somativa e a formativa, na prática pedagógica: uma impossibilidade ou um desafio? Ensaio: **Aval. Pol. Públ. Educ.**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 92, p. 637-669, jul./set. 2016.

SANTOS, Leonor. **Auto-avaliação regulada: por que, o que e como?** Artigo. 4p. Lisboa: Ministério de Educação: Departamento do Ensino Básico, 2002. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/4884>. Acesso em: 30 abr. 2018.

SÃO PAULO. **Programa Mais Educação São Paulo, subsídios 4, avaliação para aprendizagem: externa e em larga escala**. São Paulo: Secretaria Municipal de Educação, Diretoria de Orientação Técnica. São Paulo, SME / DOT, 2015.

SHULMAN, Lee S.; SHULMAN, Judith H. Como e o que os professores aprendem: uma perspectiva em transformação. **Cadernos Cenpec**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 120-142, jan./jun. 2016.

SILVEIRA, Fernando L. Considerações sobre o Índice de Discriminação de Itens em Testes Educacionais. **Educação e Seleção**, São Paulo, v. 7, p. 54-58, 1983.

_____. Relação entre os índices de discriminação de itens em testes psicométricos e duas outras estatísticas: variância do escore total e coeficiente de fidedignidade. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, n. 33(2), p. 246-248, fev. 1981.

STUFFLEBEAM, Daniel J.; SHINKFIELD, Anthony J. **Evaluación Sistemática, guía teórica y práctica**. Barcelona: Ediciones Paidós, 1987.

VENDRAMINI, Claudete M. M.; SILVA, Marjorie C. da; CANALE, Michele. Análise de itens de uma prova de raciocínio estatístico. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 9, n. 3, p. 487-498, set./dez. 2004.

VIANNA, Heraldo M. **Testes em Educação**. São Paulo: IBRASA, 3ª ed., 1978.

VIERA, Pedro C. da Costa. **Notas de aula**. Disponível em: <https://www.fep.up.pt/docentes/pcosme/TIAE/TIAE-aula4.doc>. Acesso em: 15 jun. 2017.

APÊNDICES

Apêndice 1- Processo de obtenção dos dados resumidos na Tabela 14

A Tabela 14, na página 35, mostra a distribuição na escala estaninos dos dados apresentados no anexo 1. Esses valores são:

Tabela 14 – Resultados obtidos em Matemática e em Língua Portuguesa na situação descrita no Anexo 1 agrupados em Estaninos

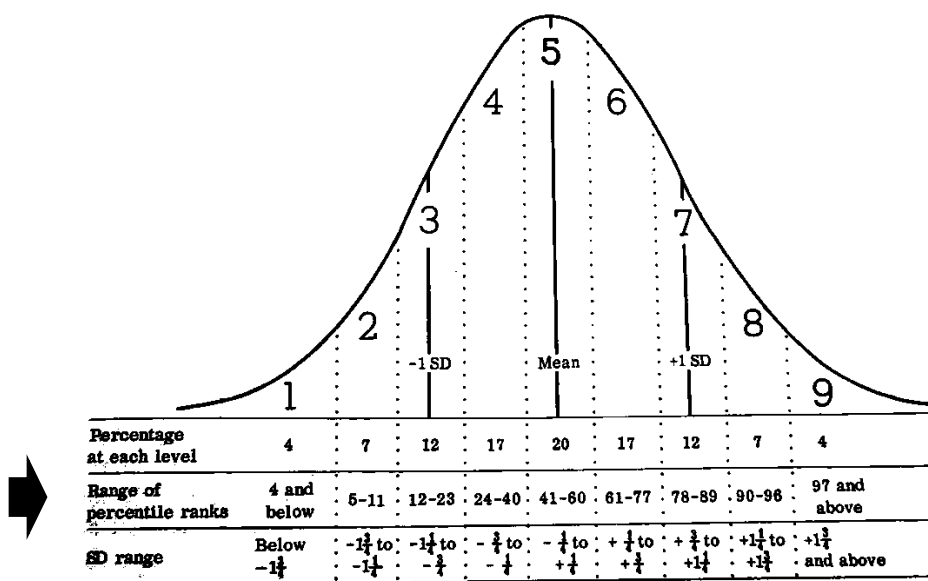
Estanino	% esperada em cada nível na distribuição normal	Matemática		Português	
		Nº alunos	% observada	Nº alunos	% observada
1	4	20	5	27	6
2	7	23	5	19	4
3	12	50	11	38	9
4	17	78	18	55	12
5	20	122	28	143	32
6	17	44	10	61	14
7	12	50	11	40	9
8	7	42	10	34	8
9	4	12	3	24	5

Fonte: Anexo 1.

A obtenção dos dados apresentados na tabela seguiu o seguinte procedimento:

- a) Os percentuais esperados em cada nível na distribuição normal, que corresponde à segunda coluna da tabela, são obtidos diretamente a partir do Gráfico 8:

Gráfico 8 – Medidas do estanino em relação a outras medidas na distribuição normal.



- b) Calculou-se, para cada disciplina (Matemática e Língua Portuguesa), a média aritmética dos desempenhos dos 441 participantes da avaliação, assim como os desvios-padrões. Os valores obtidos foram resumidos na Tabela 9:

Tabela 9 – Médias e desvios-padrões dos desempenhos em Matemática e Língua Portuguesa

	Matemática	Língua Portuguesa
Média ($\bar{M}$)	54,5	53,7
Desvio-padrão (σ)	23,3	15,6

- c) Utilizando novamente o Gráfico 8, foram calculados os limites de cada estanino. Tomando-se, como exemplo, o estanino 5, o Gráfico 8 mostra que os limites desse estanino é dado por $(\bar{M} - 1/4 \cdot \sigma; \bar{M} + 1/4 \cdot \sigma)$. Usando os dados da tabela 9, esses limites são dados por: $(54,5 - 1/4 \cdot 23,3; 54,5 + 1/4 \cdot 23,3) = (48,6; 60,3)$ para Matemática ⁶⁰;
- d) De forma análoga, foram calculados os limites dos demais estaninos e contados quantos alunos obtiveram acertos percentuais para cada faixa estanino, como mostram as tabelas abaixo:

Matemática								
Estanino	Limite superior de cada estanino	N. de contidos estanino	alunos nesse	% de contidos estanino	alunos nesse	% esperada de alunos estanino		
1	13,7	20		5		4		
2	25,4	23		5		7		
3	37,0	50		11		12		
4	48,6	78		18		17		
5	60,3	122		28		20		
6	71,9	44		10		17		
7	83,6	50		11		12		
8	95,2	42		10		7		
9	>95,2	12		3		4		

⁶⁰ Os cálculos são aproximados, uma vez que se optou pela apresentação dos valores com apenas 1 casa após a vírgula.

Português							
Estanino	Limite superior de cada estanino	N. de contidos estanino	alunos nesse	% de contidos estanino	alunos nesse	% esperado de alunos estanino	de nesse
1	26,5	27		6		4	
2	34,3	19		4		7	
3	42,0	38		9		12	
4	49,8	55		12		17	
5	57,6	143		32		20	
6	65,4	61		14		17	
7	73,2	40		9		12	
8	81,0	34		8		7	
9	>81,0	24		5		4	

Apêndice 2 - Fórmulas utilizadas na planilha-modelo da ATIVIDADE 4 –
ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DE ITENS DE AVALIAÇÃO DA
APRENDIZAGEM

Na [planilha-modelo](#) utilizada na Tabela 28 – Atividade 4 – Análise quantitativa e qualitativa de itens de avaliação, foram elaboradas as seguintes fórmulas, no Excel, para o cálculo do índice de facilidade (IF) e do índice de discriminação (ID)

Indicador	Fórmula	Comentário
IF	=SEERRO(SOMA(LANCAMENTO[1])/CONT.NÚM(LANCAMENTO[1]);"")	Soma a quantidade de questões corretas e divide pela quantidade de questões registradas
ID	=SEERRO(SOMA(DESLOC('Lançamento de testes'!I4;0;0;CONT.NÚM(LANCAMENTO[1])*0,27;1))/ARRED(CONT.NÚM(LANCAMENTO[1])*0,27;0)-SOMA(DESLOC('Lançamento de testes'!I4;CONT.NÚM(LANCAMENTO[1])*0,73;0;CONT.NÚM(LANCAMENTO[1])*0,27;1))/ARRED((CONT.NÚM(LANCAMENTO[1])*0,27;0);""))	Determina os acertos de um determinado item pelos alunos do grupo superior (27% com os maiores escores totais) e subtrai dos acertos obtidos pelos alunos do grupo inferior (27% com os menores escores totais)

Fonte: elaboração própria

N	MAT	POR	68	60,00	81,25	136	80,00	62,50	204	40,00	75,00
1	20,00	50,00	69	30,00	68,75	137	60,00	50,00	205	70,00	31,25
2	100,00	62,50	70	50,00	37,50	138	60,00	56,25	206	80,00	62,50
3	30,00	43,75	71	30,00	50,00	139	50,00	62,50	207	50,00	62,50
4	30,00	43,75	72	60,00	62,50	140	30,00	50,00	208	30,00	50,00
5	50,00	31,25	73	70,00	43,75	141	50,00	56,25	209	80,00	43,75
6	40,00	75,00	74	60,00	56,25	142	40,00	56,25	210	90,00	37,50
7	70,00	43,75	75	50,00	37,50	143	40,00	56,25	211	90,00	81,25
8	60,00	62,50	76	30,00	62,50	144	40,00	68,75	212	80,00	50,00
9	40,00	68,75	77	90,00	56,25	145	50,00	50,00	213	60,00	56,25
10	70,00	56,25	78	70,00	18,75	146	10,00	62,50	214	30,00	68,75
11	40,00	31,25	79	80,00	75,00	147	50,00	50,00	215	40,00	56,25
12	50,00	81,25	80	50,00	50,00	148	50,00	50,00	216	80,00	62,50
13	80,00	68,75	81	70,00	75,00	149	20,00	31,25	217	70,00	43,75
14	60,00	68,75	82	50,00	75,00	150	60,00	37,50	218	50,00	62,50
15	90,00	75,00	83	50,00	56,25	151	50,00	81,25	219	60,00	43,75
16	40,00	81,25	84	80,00	62,50	152	60,00	68,75	220	60,00	81,25
17	60,00	75,00	85	70,00	50,00	153	60,00	56,25	221	50,00	43,75
18	40,00	56,25	86	50,00	68,75	154	40,00	81,25	222	10,00	43,75
19	70,00	81,25	87	40,00	62,50	155	10,00	56,25	223	10,00	31,25
20	30,00	37,50	88	70,00	50,00	156	50,00	56,25	224	40,00	62,50
21	100,00	62,50	89	60,00	62,50	157	50,00	62,50	225	20,00	25,00
22	20,00	62,50	90	60,00	37,50	158	20,00	37,50	226	40,00	50,00
23	80,00	50,00	91	60,00	37,50	159	50,00	62,50	227	30,00	68,75
24	90,00	31,25	92	40,00	75,00	160	10,00	75,00	228	40,00	68,75
25	30,00	62,50	93	60,00	87,50	161	20,00	37,50	229	60,00	56,25
26	90,00	68,75	94	40,00	56,25	162	60,00	75,00	230	40,00	75,00
27	80,00	37,50	95	70,00	62,50	163	60,00	0,00	231	50,00	50,00
28	60,00	43,75	96	70,00	75,00	164	40,00	37,50	232	40,00	75,00
29	80,00	43,75	97	60,00	18,75	165	40,00	50,00	233	40,00	68,75
30	10,00	18,75	98	50,00	68,75	166	30,00	62,50	234	90,00	43,75
31	90,00	68,75	99	40,00	56,25	167	80,00	37,50	235	60,00	50,00
32	60,00	56,25	100	60,00	25,00	168	50,00	81,25	236	40,00	50,00
33	10,00	75,00	101	80,00	56,25	169	100,00	50,00	237	30,00	43,75
34	40,00	50,00	102	90,00	56,25	170	40,00	68,75	238	70,00	68,75
35	10,00	25,00	103	50,00	31,25	171	40,00	37,50	239	70,00	75,00
36	60,00	75,00	104	80,00	50,00	172	20,00	37,50	240	50,00	43,75
37	60,00	37,50	105	70,00	75,00	173	90,00	87,50	241	50,00	62,50
38	90,00	50,00	106	90,00	56,25	174	50,00	50,00	242	40,00	50,00
39	50,00	56,25	107	60,00	37,50	175	30,00	56,25	243	20,00	75,00
40	30,00	37,50	108	60,00	43,75	176	40,00	25,00	244	20,00	43,75
41	90,00	87,50	109	70,00	43,75	177	40,00	56,25	245	80,00	81,25
42	90,00	50,00	110	90,00	50,00	178	80,00	75,00	246	80,00	43,75
43	20,00	50,00	111	40,00	43,75	179	50,00	62,50	247	30,00	87,50
44	80,00	50,00	112	40,00	50,00	180	90,00	68,75	248	80,00	50,00
45	30,00	50,00	113	40,00	37,50	181	80,00	31,25	249	80,00	62,50
46	30,00	37,50	114	40,00	50,00	182	90,00	50,00	250	20,00	43,75
47	80,00	50,00	115	50,00	56,25	183	20,00	37,50	251	80,00	68,75
48	10,00	56,25	116	60,00	37,50	184	80,00	56,25	252	80,00	18,75
49	40,00	50,00	117	70,00	56,25	185	50,00	43,75	253	20,00	43,75
50	30,00	62,50	118	70,00	56,25	186	10,00	62,50	254	40,00	50,00
51	90,00	50,00	119	80,00	68,75	187	40,00	56,25	255	40,00	43,75
52	70,00	50,00	120	40,00	68,75	188	80,00	56,25	256	50,00	37,50
53	90,00	56,25	121	70,00	62,50	189	30,00	43,75	257	50,00	50,00
54	60,00	25,00	122	40,00	18,75	190	40,00	18,75	258	10,00	50,00
55	50,00	56,25	123	80,00	43,75	191	50,00	62,50	259	60,00	75,00
56	80,00	50,00	124	50,00	25,00	192	50,00	50,00	260	10,00	56,25
57	60,00	68,75	125	40,00	56,25	193	80,00	81,25	261	80,00	68,75
58	100,00	37,50	126	100,00	56,25	194	30,00	43,75	262	60,00	56,25
59	70,00	37,50	127	70,00	62,50	195	80,00	56,25	263	50,00	43,75
60	60,00	75,00	128	70,00	56,25	196	60,00	50,00	264	30,00	50,00
61	40,00	43,75	129	20,00	25,00	197	30,00	18,75	265	60,00	31,25
62	40,00	68,75	130	70,00	50,00	198	90,00	62,50	266	40,00	56,25
63	100,00	50,00	131	90,00	62,50	199	30,00	31,25	267	30,00	25,00
64	50,00	68,75	132	40,00	81,25	200	60,00	62,50	268	60,00	43,75
65	10,00	62,50	133	20,00	50,00	201	50,00	43,75	269	60,00	37,50
66	90,00	25,00	134	40,00	37,50	202	60,00	62,50	270	80,00	68,75
67	100,00	81,25	135	90,00	75,00	203	90,00	56,25	271	80,00	56,25

272	80,00	62,50	315	70,00	43,75	358	30,00	62,50	401	70,00	93,75
273	70,00	62,50	316	40,00	50,00	359	90,00	56,25	402	60,00	68,75
274	60,00	68,75	317	70,00	31,25	360	40,00	31,25	403	50,00	56,25
275	50,00	62,50	318	60,00	68,75	361	80,00	50,00	404	50,00	56,25
276	60,00	56,25	319	70,00	62,50	362	60,00	56,25	405	50,00	43,75
277	80,00	43,75	320	90,00	56,25	363	70,00	56,25	406	30,00	68,75
278	50,00	50,00	321	30,00	81,25	364	80,00	81,25	407	90,00	62,50
279	70,00	50,00	322	40,00	37,50	365	40,00	75,00	408	50,00	56,25
280	90,00	75,00	323	50,00	56,25	366	100,00	50,00	409	10,00	62,50
281	40,00	50,00	324	50,00	37,50	367	30,00	37,50	410	40,00	68,75
282	40,00	56,25	325	80,00	43,75	368	90,00	68,75	411	40,00	62,50
283	90,00	50,00	326	20,00	56,25	369	30,00	50,00	412	40,00	68,75
284	90,00	75,00	327	60,00	37,50	370	50,00	6,25	413	10,00	68,75
285	40,00	43,75	328	80,00	43,75	371	50,00	50,00	414	70,00	81,25
286	70,00	68,75	329	70,00	62,50	372	90,00	62,50	415	30,00	50,00
287	40,00	62,50	330	100,00	75,00	373	90,00	37,50	416	100,00	56,25
288	100,00	75,00	331	50,00	43,75	374	70,00	37,50	417	0,00	31,25
289	10,00	31,25	332	40,00	50,00	375	20,00	56,25	418	90,00	56,25
290	30,00	56,25	333	60,00	50,00	376	10,00	56,25	419	60,00	37,50
291	40,00	43,75	334	30,00	37,50	377	40,00	56,25	420	80,00	50,00
292	70,00	62,50	335	50,00	43,75	378	30,00	31,25	421	50,00	62,50
293	40,00	87,50	336	90,00	62,50	379	50,00	62,50	422	80,00	68,75
294	20,00	25,00	337	40,00	50,00	380	40,00	31,25	423	70,00	43,75
295	30,00	18,75	338	30,00	50,00	381	20,00	43,75	424	80,00	43,75
296	60,00	43,75	339	70,00	31,25	382	70,00	62,50	425	90,00	62,50
297	40,00	62,50	340	40,00	43,75	383	60,00	50,00	426	50,00	62,50
298	40,00	56,25	341	40,00	43,75	384	30,00	50,00	427	100,00	62,50
299	40,00	56,25	342	30,00	62,50	385	30,00	25,00	428	10,00	37,50
300	90,00	56,25	343	40,00	25,00	386	70,00	56,25	429	70,00	56,25
301	60,00	75,00	344	40,00	75,00	387	50,00	81,25	430	40,00	68,75
302	20,00	75,00	345	50,00	25,00	388	30,00	75,00	431	90,00	62,50
303	30,00	75,00	346	50,00	68,75	389	40,00	56,25	432	30,00	50,00
304	50,00	56,25	347	40,00	50,00	390	20,00	43,75	433	50,00	56,25
305	90,00	56,25	348	60,00	18,75	391	90,00	81,25	434	70,00	56,25
306	50,00	50,00	349	50,00	68,75	392	30,00	56,25	435	80,00	56,25
307	20,00	25,00	350	30,00	12,50	393	80,00	50,00	436	60,00	43,75
308	10,00	62,50	351	30,00	43,75	394	80,00	43,75	437	80,00	50,00
309	30,00	62,50	352	80,00	75,00	395	40,00	43,75	438	70,00	43,75
310	30,00	31,25	353	60,00	37,50	396	40,00	43,75	439	50,00	37,50
311	20,00	31,25	354	70,00	50,00	397	30,00	62,50	440	90,00	75,00
312	60,00	68,75	355	60,00	25,00	398	30,00	43,75	441	80,00	43,75
313	40,00	68,75	356	40,00	43,75	399	60,00	37,50			
314	90,00	50,00	357	80,00	62,50	400	30,00	56,25			

Anexo 2 - Parâmetros de itens de uma avaliação multidisciplinar aplicada a 441 alunos das 3^{as} séries do Ensino Médio em escola de ensino privado de São Paulo.

Questão	IF grupo superior	IF grupo inferior	IF (proporção de acertos)	ID (IF superior - IF inferior)	Correlação item-total Pearson
INT1	0,39	0,21	0,25	0,18	0,19
INT2	0,99	0,83	0,93	0,16	0,21
INT3	0,91	0,73	0,82	0,18	0,18
INT4	0,95	0,84	0,90	0,11	0,17
INT5	0,82	0,47	0,63	0,35	0,31
INT6	0,80	0,44	0,64	0,36	0,27
INT7	0,56	0,33	0,42	0,24	0,23
INT8	0,41	0,28	0,36	0,13	0,09
INT9	0,89	0,53	0,67	0,36	0,27
POR10	0,87	0,60	0,73	0,27	0,24
POR11	0,29	0,25	0,27	0,04	0,09
POR12	0,64	0,53	0,56	0,11	0,06
POR13	0,79	0,50	0,65	0,29	0,26
POR14	0,29	0,11	0,17	0,18	0,16
POR15	0,87	0,58	0,76	0,29	0,30
POR16	0,98	0,80	0,90	0,18	0,23
POR17	0,48	0,24	0,34	0,24	0,21
POR18	0,55	0,41	0,48	0,13	0,07
POR19	0,66	0,54	0,61	0,12	0,14
POR20	0,87	0,56	0,75	0,30	0,25
POR21	0,73	0,29	0,51	0,45	0,30
POR22	0,44	0,22	0,33	0,22	0,18
POR23	0,61	0,29	0,47	0,31	0,24
POR24	0,93	0,66	0,79	0,28	0,30
POR25	0,36	0,18	0,27	0,18	0,20
MAT26	0,59	0,22	0,39	0,37	0,29
MAT27	0,82	0,34	0,53	0,48	0,40
MAT28	0,75	0,29	0,49	0,46	0,37
MAT29	0,83	0,47	0,66	0,36	0,31
MAT30	0,91	0,45	0,70	0,46	0,39
MAT31	0,87	0,50	0,71	0,37	0,33
MAT32	0,66	0,26	0,41	0,40	0,33
MAT33	0,65	0,34	0,47	0,30	0,28
MAT34	0,97	0,49	0,74	0,49	0,41
MAT35	0,51	0,24	0,35	0,27	0,21
HIS36	0,92	0,76	0,84	0,16	0,19
HIS37	0,59	0,23	0,41	0,36	0,34
HIS38	0,92	0,49	0,71	0,43	0,33
HIS39	0,88	0,70	0,74	0,18	0,18
HIS40	0,08	0,14	0,11	-0,06	-0,08
HIS41	0,71	0,35	0,52	0,36	0,29
HIS42	0,38	0,24	0,27	0,14	0,14
HIS43	0,73	0,24	0,46	0,49	0,38
HIS44	0,82	0,42	0,62	0,40	0,30
HIS45	0,71	0,32	0,54	0,39	0,30
GEO46	0,97	0,69	0,85	0,29	0,31
GEO47	0,91	0,72	0,82	0,18	0,25
GEO48	0,87	0,50	0,68	0,37	0,31
GEO49	0,93	0,78	0,87	0,15	0,22
GEO50	0,82	0,30	0,55	0,52	0,40
GEO51	0,67	0,38	0,51	0,29	0,27
GEO52	0,95	0,66	0,83	0,29	0,30
GEO53	0,69	0,55	0,63	0,14	0,12
GEO54	0,92	0,84	0,90	0,08	0,15
GEO55	0,92	0,54	0,76	0,38	0,35
FIS56	0,72	0,24	0,47	0,48	0,39
FIS57	0,71	0,14	0,40	0,57	0,50
FIS58	0,61	0,19	0,39	0,42	0,36
FIS59	0,86	0,45	0,68	0,40	0,37
FIS60	0,67	0,11	0,33	0,56	0,51
FIS61	0,83	0,43	0,59	0,40	0,34
FIS62	0,39	0,06	0,20	0,34	0,38
FIS63	0,61	0,24	0,35	0,37	0,38
FIS64	0,15	0,09	0,10	0,06	0,12
FIS65	0,43	0,14	0,26	0,29	0,31
QUI66	0,73	0,18	0,46	0,55	0,41
QUI67	0,75	0,27	0,50	0,48	0,39
QUI68	0,88	0,49	0,66	0,39	0,36
QUI69	0,91	0,37	0,66	0,54	0,43
QUI70	0,78	0,46	0,58	0,32	0,27
QUI71	0,88	0,55	0,75	0,33	0,30
QUI72	0,63	0,17	0,40	0,46	0,41
QUI73	0,97	0,66	0,84	0,30	0,33

QUI74	0,79	0,29	0,50	0,50	0,40
QUI75	0,61	0,24	0,40	0,36	0,30
ING76	0,94	0,77	0,83	0,17	0,18
ING77	0,94	0,70	0,82	0,24	0,27
ING78	0,97	0,76	0,89	0,22	0,24
ING79	0,97	0,83	0,93	0,14	0,21
ING80	0,87	0,51	0,71	0,36	0,31
BIO81	0,25	0,08	0,15	0,17	0,18
BIO82	0,92	0,46	0,67	0,45	0,38
BIO83	0,91	0,60	0,80	0,31	0,30
BIO84	0,45	0,17	0,25	0,29	0,30
BIO85	0,78	0,31	0,52	0,47	0,41
BIO86	0,45	0,39	0,42	0,06	0,08
BIO87	0,61	0,22	0,40	0,39	0,31
BIO88	0,45	0,22	0,30	0,24	0,21
BIO89	0,83	0,49	0,66	0,34	0,31
BIO90	0,82	0,21	0,49	0,61	0,48

Anexo 3 - Desempenho de 109 alunos de 8º anos do Ensino Fundamental de uma escola privada de São Paulo em uma avaliação de Geometria.

Série	Nome	Nota final
8	CATARINA T	10,0
8	ANNA B	10,0
8	ANA C	10,0
8	BEATRICE P	9,9
8	LARISSA M	9,6
8	HENRIQUE B	9,6
8	FREDERICO L	9,6
8	MAYA L	9,5
8	MARCELO S	9,4
8	LUCAS T	9,4
8	AMANDA Y	9,3
8	ANTÔNIO C	9,2
8	RAFAEL P	9,2
8	THOMAS S	9,2
8	LARA R	9,1
8	FERNANDA M	9,0
8	MARIA I	9,0
8	LUISA O	9,0
8	LUCAS Z	8,9
8	BEATRIZ C	8,9
8	ENRIQUE U	8,9
8	ISADORA C	8,8
8	FERNANDO M	8,7
8	NATALIE J	8,7
8	ARTHUR N	8,7
8	FELIPE N	8,6
8	CLARA N	8,6
8	FERNANDO V	8,6
8	CAMILA V	8,4
8	ENRICO L	8,3
8	ENZO Z	8,3
8	FREDERICO L	8,3
8	JULIA M	8,2
8	PEDRO F	8,2
8	YURI R	8,2

8	RENATO A	8,2
8	ANA P	8,1
8	MURILLO B	8,1
8	MARIA I	8,1
8	CAIO N	8,0
8	GABRIELA M	8,0
8	LEONARDO C	7,9
8	LUIS E	7,9
8	SABRINA H	7,9
8	VIVIAN T	7,7
8	GABRIEL G	7,6
8	MARIA C	7,5
8	MICHELLE J	7,4
8	ANA C	7,4
8	DAINA H	7,3
8	MARCELA S	7,3
8	LUCAS T	7,3
8	GUILHERME Z	7,3
8	PEDRO Y	7,3
8	VINCENZO R	7,2
8	HENRIQUE P	7,1
8	LAURA S	7,1
8	GIULIANA V	7,1
8	ANA P	7,1
8	JULIA C	6,9
8	KARINA J	6,9
8	CAIO C	6,9
8	PEDRO A	6,9
8	LORENZO S	6,8
8	CAMILLE S	6,5
8	MAIARA B	6,5
8	BEATRIZ M	6,5
8	RAFAEL S	6,4
8	TOMMY K	6,3
8	GABRIELA D	6,3
8	VERIDIANA S	6,2
8	GUSTAVO S	6,2

8	ERIC S	6,2
8	CAMILA C	6,1
8	JÚLIO C	6,0
8	NICOLE E	5,9
8	FRANCISCO S	5,8
8	MATHEUS K	5,8
8	MARIE D	5,6
8	MARIANA V	5,5
8	ARTHUR S	5,4
8	MARIA E	5,4
8	ENZO C	5,3
8	ISABEL B	5,3
8	ARTHUR D	5,3
8	VITÓRIA J	5,2
8	ISABELA K	5,1
8	OLAVO V	4,8
8	PEDRO M	4,7
8	CRISTINA J	4,7
8	RODRIGO F	4,7
8	RAÍSSA A	4,6
8	ESTHEFANY S	4,6
8	SOFIA D	4,4
8	ANA E	4,4
8	LEONARDO P	4,4
8	LUIZA R	4,3
8	JULIANA D	4,3
8	JOÃO V	4,1
8	FELIPE B	3,9
8	ANA C	3,9
8	JOÃO V	3,8
8	NICOLAS C	3,3
8	MARIANA M	3,2
8	LUIZA S	3,2
8	AMANDA K	3,0
8	SOFIA M	2,6
8	ANDREAS Z	1,9
8	ETTORE B	1,8

Anexo 4 - Acertos (1) e erros (0) obtidos por 478 alunos das 3^{as} séries do Ensino Médio submetidos a uma avaliação com 20 questões de múltipla escolha, dicotômicos, na disciplina de Física, em uma escola privada de São Paulo.

Link para download dessa tabela:

https://drive.google.com/file/d/1dyLU6Mbe0r7XWbsQhkBT_knvZFJAExgR/view?usp=sharing

Anexo 5 - Avaliação de Física proposta para 478 alunos das 3^{as} séries do Ensino Médio em uma escola privada de São Paulo.

Parte I: Testes (valor: 4,0)

T1. (UFSC) Durante aproximados 20 anos, o astrônomo dinamarquês Tycho Brahe realizou rigorosas observações dos movimentos planetários, reunindo dados que serviram de base para o trabalho desenvolvido, após sua morte, por seu discípulo, o astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630). Kepler, possuidor de grande habilidade matemática, analisou cuidadosamente os dados coletados por Tycho Brahe, ao longo de vários anos, tendo descoberto três leis para o movimento dos planetas. Apresentamos, a seguir, o enunciado das três leis de Kepler.

1^a lei de Kepler: Cada planeta descreve uma órbita elíptica em torno do Sol, da qual o Sol ocupa um dos focos.

2^a lei de Kepler: O raio-vetor (segmento de reta imaginário que liga o Sol ao planeta) “varre” áreas iguais, em intervalos de tempo iguais.

3^a lei de Kepler: Os quadrados dos períodos de translação dos planetas em torno do Sol são proporcionais aos cubos dos raios médios de suas órbitas.

Assinale a alternativa que apresenta a soma das afirmativas corretas das leis de Kepler:

01. A velocidade média de translação de um planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao raio médio de sua órbita.

02. O período de translação dos planetas em torno do Sol não depende da massa dos mesmos.

04. Quanto maior o raio médio da órbita de um planeta em torno do Sol, maior será o período de seu movimento.

08. A 2^a lei de Kepler assegura que o módulo da velocidade de translação de um planeta em torno do Sol é constante.

16. A velocidade de translação da Terra em sua órbita aumenta à medida que ela se aproxima do Sol e diminui à medida que ela se afasta.

32. Os planetas situados à mesma distância do Sol devem ter a mesma massa.

A razão entre os quadrados dos períodos de translação dos planetas em torno do Sol e os cubos dos raios médios de suas órbitas apresenta um valor constante.

- a) 06
- b) 22
- c) 84
- d) 86
- e) 98

T2. (FGV-2017) Johannes Kepler (1571-1630) foi um cientista dedicado ao estudo do sistema solar. Uma das suas leis enuncia que as órbitas dos planetas, em torno do Sol, são elípticas,

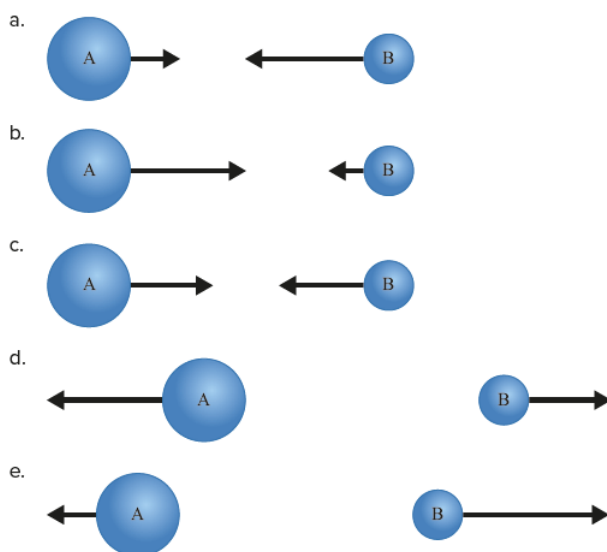
com o Sol situado em um dos focos dessas elipses. Uma das consequências dessa lei resulta na variação

- a) do módulo da aceleração da gravidade na superfície dos planetas.
- b) da quantidade de matéria gasosa presente na atmosfera dos planetas.
- c) da duração do dia e da noite em cada planeta.
- d) da duração do ano de cada planeta.
- e) da velocidade orbital de cada planeta em torno do Sol.

T3. (UFMS-2005) Dois planetas A e B do sistema solar giram em torno do Sol com períodos de movimento T_A e T_B e raios orbitais $8R$ e R , respectivamente. Com base nas Leis de Kepler, é correto afirmar que a razão T_A/T_B é dada por:

- a. $2\sqrt{2}$.
- b. $4\sqrt{2}$.
- c. $\frac{1}{8}$.
- d. $8\sqrt{8}$.
- e. 4.

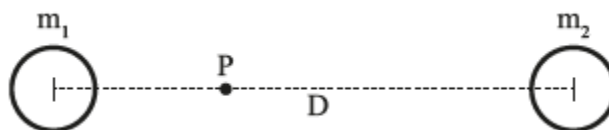
T4. O diagrama que representa corretamente as forças gravitacionais trocadas entre os corpos A e B é:



T5. (EEAR-2017) Dois corpos de massas m_1 e m_2 estão separados por uma distância d e interagem entre si com uma força gravitacional F . Se duplicarmos o valor de m_1 e reduzirmos a distância entre os corpos pela metade, a nova força de interação gravitacional entre eles, em

- a. $\frac{F}{8}$
- b. $\frac{F}{4}$
- c. $4F$
- d. $8F$

T6. (UFRGS-2017) A figura abaixo representa dois planetas, de massas m_1 e m_2 , cujos centros estão separados por uma distância D , muito maior que os raios dos planetas.



Sabendo que é nula a força gravitacional sobre uma terceira massa colocada no ponto P a uma distância $D/3$ de m_1 , a razão m_1/m_2 entre as massas dos planetas é

- a. $\frac{1}{4}$
- b. $\frac{1}{3}$
- c. $\frac{1}{2}$
- d. $\frac{2}{3}$
- e. $\frac{3}{2}$

T7. (FUVEST-2016) A Estação Espacial Internacional orbita a Terra em uma altitude h . A aceleração da gravidade terrestre dentro dessa espaçonave é

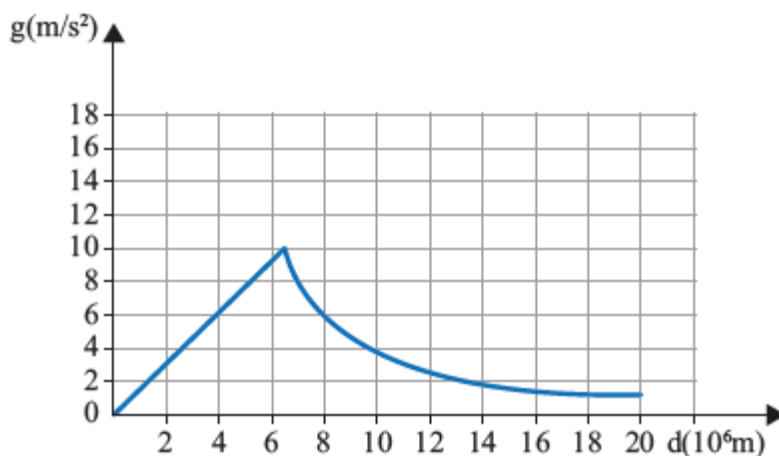
Note e adote:

g_T é a aceleração da gravidade na superfície da Terra.

R_T é o raio da Terra.

- a. nula.
- b. $g_T \left(\frac{h}{R_T} \right)^2$
- c. $g_T \left(\frac{R_T - h}{R_T} \right)^2$
- d. $g_T \left(\frac{R_T}{R_T + h} \right)^2$
- e. $g_T \left(\frac{R_T - h}{R_T + h} \right)^2$

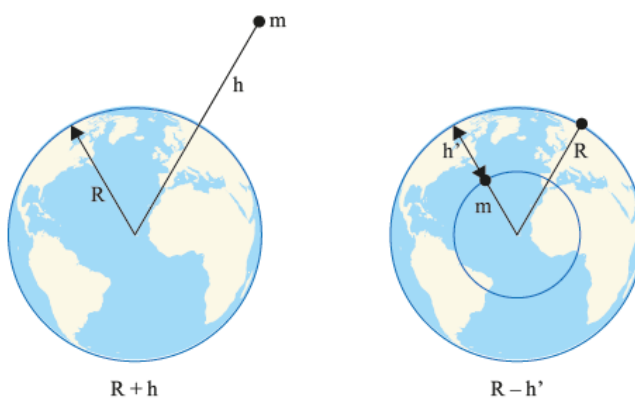
T8. (FUVEST) O gráfico da figura representa a aceleração da gravidade g da Terra em função da distância d ao seu centro.



Considere uma situação hipotética em que o valor do raio R da Terra seja diminuído para R' , sendo $R' = 0,8R$, e em que seja mantida (uniformemente) sua massa total. Nessas condições, os valores aproximados das acelerações da gravidade g_1 à distância R' e g_2 a uma distância igual a R do centro da “Terra Hipotética” são, respectivamente,

- $g_1(\text{m/s}^2) = 10$; $g_2(\text{m/s}^2) = 10$.
- $g_1(\text{m/s}^2) = 8$; $g_2(\text{m/s}^2) = 6,4$.
- $g_1(\text{m/s}^2) = 6,4$; $g_2(\text{m/s}^2) = 4,1$.
- $g_1(\text{m/s}^2) = 12,5$; $g_2(\text{m/s}^2) = 10$.
- $g_1(\text{m/s}^2) = 15,6$; $g_2(\text{m/s}^2) = 10$.

T9. Considerando a Terra uma esfera homogênea (densidade constante) de raio R , determine a profundidade h' em que deve ser colocado um corpo de massa m para que o seu peso seja o mesmo quando estiver situado a uma altura h da superfície da Terra.



- $h' = R - \frac{R^3}{(R+h)^2}$
- $h' = R - \frac{R^3}{(R+h)^3}$
- $h' = R - \frac{R^3}{(R-h)^2}$
- $h' = R - \frac{R^2}{(R-h)^3}$
- $h' = R - \frac{R^3}{(R-h)^3}$

T10. Considere a Terra uma esfera homogênea de raio 6400 km e que a aceleração da gravidade nos polos seja de 10 m/s^2 . O número pelo qual seria preciso multiplicar a velocidade de rotação da Terra de modo que o peso de uma pessoa no Equador ficasse nulo é: (considere e que o período atual da Terra é de 24h)

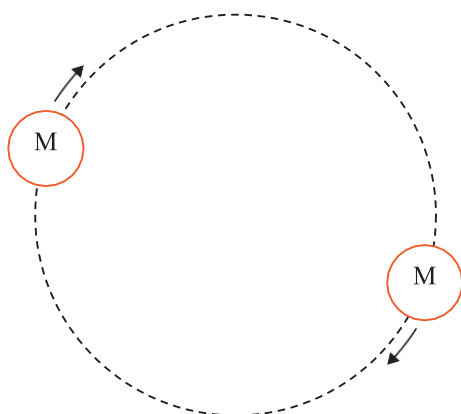
- a. 4π .
- b. 2π .
- c. 3.
- d. 10.
- e. 18.

T11. (UFJF-PISM-2017) Um satélite geoestacionário é um satélite que se move em uma órbita circular acima do Equador da Terra seguindo o movimento de rotação do planeta em uma altitude de 35786 km. Nesta órbita, o satélite parece parado em relação a um observador na Terra. Satélites de comunicação, como os de TV por assinatura, são geralmente colocados nestas órbitas geoestacionárias. Assim, as antenas colocadas nas casas dos consumidores podem ser apontadas diretamente para o satélite para receber o sinal.

Sobre um satélite geoestacionário é correto afirmar que:

- a) a força resultante sobre ele é nula, pois a força centrípeta é igual à força centrífuga.
- b) como no espaço não existe gravidade, ele permanece em repouso em relação a um ponto fixo na superfície Terra.
- c) o satélite somente permanece em repouso em relação à Terra se mantiver acionados jatos propulsores no sentido oposto ao movimento de queda.
- d) a força de atração gravitacional da Terra é a responsável por ele estar em repouso em relação a um ponto fixo na superfície da Terra.
- e) por estar fora da atmosfera terrestre, seu peso é nulo.

T12. (Esc. Naval 2017). Analise a figura a seguir.



A figura anterior apresenta um sistema binário de estrelas, isolado, que é composto por duas estrelas de mesmo tamanho e de mesma massa M . O sistema, estável, gira em torno de seu centro de massa com um período de rotação constante T .

Sendo D a distância entre as estrelas e G a constante gravitacional universal, assinale a opção correta.

- a) $GMT^2 = 2\pi^2 D^2$; a velocidade linear de cada uma das estrelas em relação ao centro de massa do sistema é constante; a energia mecânica do sistema é conservada.
- b) $GMT^2 = 2\pi^2 D^3$; a velocidade angular de cada uma das estrelas em relação ao centro de massa do sistema é constante; a energia cinética do sistema é conservada.
- c) $GMT^2 = \pi^2 D^3$; a velocidade angular de cada uma das estrelas em relação ao centro de massa do sistema é constante; a energia mecânica de cada uma das estrelas é conservada.
- d) $2GMT^2 = \pi^2 D^3$; o vetor velocidade linear de cada uma das estrelas em relação ao centro de massa do sistema é constante; a energia mecânica do sistema é conservada.
- e) $2GMT^2 = \pi^2 D^3$; a velocidade angular de cada uma das estrelas em relação ao centro de massa do sistema é constante; a energia mecânica de cada uma das estrelas é conservada.

T13. (ENEM-PPL-2015) Observações astronômicas indicam que no centro de nossa galáxia, a Via Láctea, provavelmente exista um buraco negro cuja massa é igual a milhares de vezes a massa do Sol. Uma técnica simples para estimar a massa desse buraco negro consiste em observar algum objeto que orbite ao seu redor e medir o período de uma rotação completa, T , bem como o raio médio, R , da órbita do objeto, que supostamente se desloca, com boa aproximação, em movimento circular uniforme. Nessa situação, considere que a força resultante, devido ao movimento circular, é igual, em magnitude, à força gravitacional que o buraco negro exerce sobre o objeto.

A partir do conhecimento do período de rotação, da distância média e da constante gravitacional, G , a massa do buraco negro é

- a. $\frac{4\pi^2 R^2}{GT^2}$
- b. $\frac{\pi^2 R^3}{2GT^2}$
- c. $\frac{2\pi^2 R^3}{GT^2}$
- d. $\frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}$
- e. $\frac{\pi^2 R^5}{GT^2}$

T14. (EPCAR (Afa)-2015) Na cidade de Macapá, no Amapá, Fernando envia uma mensagem via satélite para Maria na mesma cidade. A mensagem é intermediada por um satélite geoestacionário, em órbita circular cujo centro coincide com o centro geométrico da Terra, e por uma operadora local de telecomunicação da seguinte forma: o sinal de informação parte do celular de Fernando direto para o satélite que instantaneamente retransmite para a operadora, que, da

mesma forma, transmite para o satélite mais uma vez e, por fim, é retransmitido para o celular de Maria.

Considere que esse sinal percorra todo trajeto em linha reta e na velocidade da luz, c ; que as dimensões da cidade sejam desprezíveis em relação à distância que separa o satélite da Terra, que este satélite esteja alinhado perpendicularmente à cidade que se encontra ao nível do mar e na linha do equador. Sendo, M , massa da Terra, T , período de rotação da Terra, R_T , raio da Terra e G , a constante de gravitação universal, o intervalo de tempo entre a emissão do sinal no celular de Fernando e a recepção no celular de Maria, em função de c , M , T , G e R_T é

- a. $\frac{4}{c} \left(\sqrt[3]{\frac{T^2 GM}{4\pi^2}} - R_T \right)$
- b. $\frac{2}{c} \left(\sqrt{\frac{2TGM}{4\pi}} + R_T \right)$
- c. $\frac{4}{c} \left(\sqrt[3]{\frac{TGM}{4\pi^2}} - R_T \right)$
- d. $\frac{1}{c} \left(\sqrt{\frac{TGM}{2\pi}} + R_T \right)$

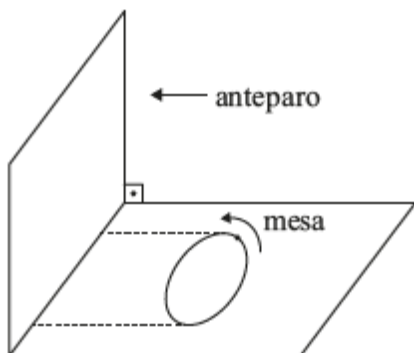
T15. (UDESC) Na figura a seguir, o sul-africano Mark Shuttleworth, que entrou para história como o segundo turista espacial, depois do empresário norte-americano Dennis Tito, “flutua” a bordo da estação espacial internacional, que se encontra em órbita baixa (entre 350 km e 460 km da Terra).



Sobre Mark, é correto afirmar:

- a) tem a mesma aceleração da Estação Espacial Internacional.
- b) não tem peso nessa órbita.
- c) tem o poder da levitação.
- d) permanece flutuando devido à inércia.
- e) tem velocidade menor que a da Estação Espacial Internacional.

T16. (MACKENZIE) Uma partícula descreve um movimento circular uniforme sobre uma mesa horizontal, conforme a figura a seguir. O movimento exibido pela projeção ortogonal das posições assumidas pela partícula, num anteparo disposto perpendicularmente à mesa, é um:



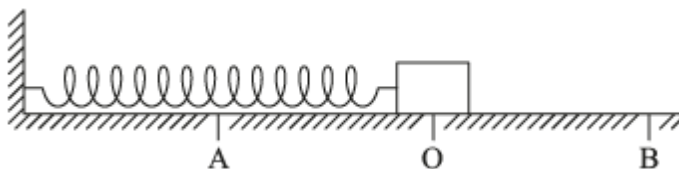
- a) M. R. U. (movimento retilíneo uniforme).
- b) M. R. U. A. (movimento retilíneo uniformemente acelerado).
- c) M. R. U. R. (movimento retilíneo uniformemente retardado).
- d) M. C. U. V. (movimento circular uniformemente variado).
- e) M. H. S. (movimento harmônico simples).

T17. (UEL) Um movimento harmônico simples é descrito pela função $x = 0,050 \cdot \cos(2\pi t + \pi)$, em unidades do Sistema Internacional. Nesse movimento, a amplitude e o período, em unidades do Sistema Internacional, valem, respectivamente,

- a. 0,050 e 1,0
- b. 0,050 e 0,50
- c. π e 2π
- d. 2π e π
- e. 2,0 e 1,0

T18. (UNITAU) Uma partícula oscila ao longo do eixo x com movimento harmônico simples, dado por $x = 3,0 \cos(0,5\pi t + 3\pi/2)$, onde x é dado em cm e t em segundos. Nessas condições, pode-se afirmar que a amplitude, a frequência e a fase inicial valem, respectivamente:

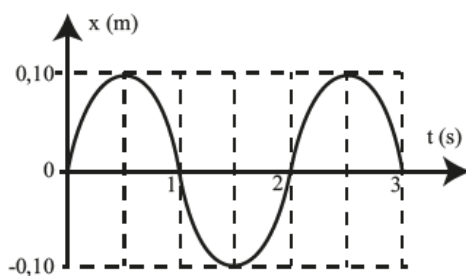
T19. (UFAL) Um bloco de massa 4,0 kg, preso à extremidade de uma mola de constante elástica $25\pi^2$ N/m, está em equilíbrio sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa, no ponto O, como mostra o esquema.



O bloco é então comprimido até o ponto A, passando a oscilar entre os pontos A e B. O período de oscilação do bloco, em segundos, vale

- a. 20π
- b. 8,0
- c. π
- d. $0,80\pi$
- e. 0,80

T20. O gráfico a seguir representa a posição, em função do tempo, de uma partícula que realiza um movimento harmônico simples. Assinale a alternativa que corresponde à função horária da posição dessa partícula, no SI.

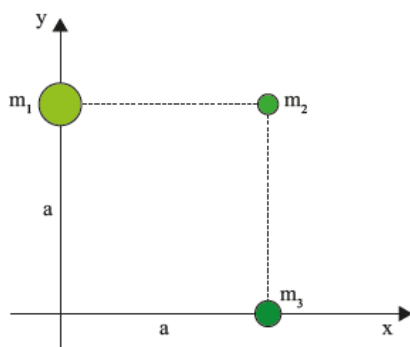


- a. $x = 0,10 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} + \pi t\right)$
- b. $x = 0,10 \cdot \cos\left(\frac{3\pi}{2} + \pi t\right)$
- c. $x = 0,10 \cdot \cos\left(\frac{3\pi}{2} + 2\pi t\right)$
- d. $x = 0,20 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} + \pi t\right)$
- e. $x = 0,20 \cdot \cos\left(\frac{3\pi}{2} + 2\pi t\right)$

Parte II: Questões Dissertativas (valor: 6,0)

Q1. (valor: 1,5) (UEFS-2016) A figura mostra a configuração de três corpos de massas m_1 , m_2 e m_3 , respectivamente, iguais a 4m, 2m e 3m, que se encontram localizados em três vértices de um quadrado de lado a.

Com base nessas informações, calcule a intensidade da força resultante sobre o corpo de massa m_2 em termos de G (constante da gravitação universal), m e a.



Q2. (valor: 1,5) (UNICAMP-2018) Recentemente, a agência espacial americana anunciou a descoberta de um planeta a trinta e nove anos-luz da Terra, orbitando uma estrela anã vermelha

que faz parte da constelação de Cetus. O novo planeta possui dimensões e massa pouco maiores do que as da Terra e se tornou um dos principais candidatos a abrigar vida fora do sistema solar.

Considere este novo planeta esférico com um raio igual a $R_p = 2R_T$ e $M_p = 8M_T$, em que R_T e M_T são o raio e a massa da Terra, respectivamente. Para planetas esféricos de massa M e raio R ,

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

a aceleração da gravidade na superfície do planeta é dada por $g = \frac{GM}{R^2}$, em que G é uma constante universal. Assim, considerando a Terra esférica e usando a aceleração da gravidade na sua superfície, determine o valor da aceleração da gravidade na superfície do novo planeta. Dado: a aceleração gravitacional na superfície terrestre é $g_T = 10 \text{ m/s}^2$.

Q3. (valor: 1,5) (UNICAMP-2016) Plutão é considerado um planeta anão, com massa $M_p = 1 \times 10^{22} \text{ kg}$, bem menor que a massa da Terra. O módulo da força gravitacional entre duas massas m_1 e m_2 é dado por $F = \frac{G.M.m}{r^2}$ em que r é a distância entre as massas e G é a constante gravitacional. Em situações que envolvem distâncias astronômicas, a unidade de comprimento comumente utilizada é a Unidade Astronômica (UA).

- Considere que, durante a sua aproximação a Plutão, a sonda se encontra em uma posição que está $d_p = 0,15 \text{ UA}$ distante do centro de Plutão e $d_T = 30 \text{ UA}$ distante do centro da Terra. Calcule a razão $\frac{F_{gT}}{F_{gP}}$ entre o módulo da força gravitacional com que a Terra atrai a sonda e o módulo da força gravitacional com que Plutão atrai a sonda. Caso necessário, use a massa da Terra $M_T = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$.
- Suponha que a sonda New Horizons estabeleça uma órbita circular com velocidade escalar orbital constante em torno de Plutão com um raio de $r_p = 1 \times 10^4 \text{ UA}$. Obtenha o módulo da velocidade orbital nesse caso. Se necessário, use a constante gravitacional $G = 6 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$ e $1\text{UA} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$.

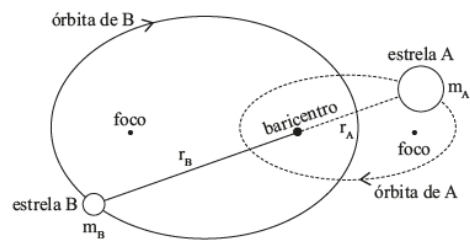
Q4. (valor: 1,5) (OBF) O Sol é uma estrela isolada, mas a maioria delas são binárias, ou seja, ambas giram em torno do baricentro do sistema. Conhecer a massa das estrelas é fundamental em Astronomia. Ao lado mostramos o esquema de um sistema binário típico, visto “de cima”.

Pela lei da gravitação universal sabemos que a força gravitacional, F_g , entre ambas as estrelas é $F = \frac{G.m_a.m_b}{r^2}$, onde G é a constante da gravitação universal, m_A e m_B as massas das estrelas e r a separação entre elas. Suponha que ambas descrevam trajetórias quase circulares em torno do baricentro. Neste caso a força centrípeta, F_c , sobre qualquer das estrelas, da “A”, por exemplo, é dada por: $F_c = \frac{m_a.v_a^2}{r_a}$ e igual à força gravitacional entre elas, ou seja: $F_g = F_c$.

A velocidade v_A pode ser medida pelo período orbital, T , da estrela “A”, ou seja, $v_a = \frac{2\pi r_a}{T}$. Em sistemas binários os períodos orbitais das estrelas são sempre iguais, pois ambas giram em torno do baricentro, no mesmo período e estão sempre diametralmente opostas. Use as equações

acima e demonstre que, em função em função de apenas π , F , r e T , podemos determinar a soma das massas,

$M = m_A + m_B$, das estrelas.



$$r = r_A + r_B$$

$$M = m_A + m_B$$

$$m_A r_A = m_B r_B$$

Anexo 6 - Desempenho dos alunos em uma avaliação de Física aplicada a 481 estudantes das 3as. séries do ensino médio

As tabelas com os desempenhos individuais nessa avaliação, bem como as estatísticas descritivas, histogramas, estaninos e análise estatística dos itens estão disponíveis para *download* no endereço abaixo:

<https://drive.google.com/open?id=1wDTX1fb14n1BYqmVKs-dQVNGPTF0kxbc>