

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO - PPGE

**ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA: conexão e contexto em andaimes
cognitivistas computacionais**

Doutorando: Gil Luna Rodrigues
Orientador: Romero Tavares da Silva

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO - PPGE

**ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA: conexão e contexto em andaimes
cognitivistas computacionais**

*Tese de Doutorado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Educação
da Universidade Federal da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Doutor em Educação.*

Orientador: Prof. Dr. Romero Tavares da Silva

João Pessoa – PB

2014

GIL LUNA RODRIGUES

**ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA: conexão e contexto em andaimes
cognitivistas computacionais**

Aprovado em: 07/02/2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Antônio Novais da Silva - CE/UFPB

(Presidente da Banca)

Prof. Dr. Francisco José Pegado Abílio – DME/CE/UFPB

(Membro Interno)

Prof. Dr. Wojciech Andrzej Kulesza - DME/CE/UFPB

(Membro Interno)

Prof. Dr. Alfredo Gomes Neto – IFPB

(Membro Externo)

Prof. Dr. Joabson Nogueira de Carvalho – IFPB

(Membro Externo)

Prof. Dr. Fernando César Bezerra de Andrade - DME/CE/UFPB

(Suplente – Membro Interno)

Prof. Dr. Alex Sandro Gomes– CIn/UFPE

(Suplente – Membro Externo)

*Ao Divino Espírito Santo pela Sabedoria a mim
concedida
DEDICO.*

AGRADEÇO,

Ao Professor Dr. Romero Tavares, por ter me acolhido como orientando, pela eficiente orientação, pelo apoio e pela confiança em mim depositados durante a realização deste trabalho.

A todos os colegas que ingressaram juntamente comigo no programa de Doutorado, pela convivência, momentos de troca de conhecimento e amizade.

Aos colegas do IFPB, que compartilharam dessa luta e a todos que, de forma direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

A todos os integrantes do Corpo Docente do PPGE, que compartilharam comigo com dedicação os seus conhecimentos.

A Nadja, Gigi, Ricardinho, Mima, Osmundinho, Luiz Torres, Dadá, Nazareno e Mariel, pela consciente troca de crença e pela certeza de que existe algo além.

A Deus , pelo conhecimento, capacidade e sabedoria e pela expressão da individualidade que matematizou minha existência, para compreender cada vez mais esta fantástica equação, o ser humano.

Aos meus Pais e meus Mestres pelo crédito que me deram que tornou possível a minha formação.

*O corpo humano possui uma natureza autorrecriativa.
A cada momento temos a possibilidade de reconstruir e
reorganizar este sistema.*

Horácio Frazão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	22
1.1 O CONTEXTO DO TRABALHO E SUA RELEVÂNCIA	22
1.2 OBJETIVOS	31
1.2.1 OBJETIVO GERAL	31
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
1.3 HIPÓTESE	32
1.4 DESIGN DO TRABALHO	32
2 REFERENCIAL TEÓRICO	37
2.1 INTRODUÇÃO	37
2.2 PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM DE FÍSICA	38
2.2.1 A disciplina Física nos cursos superiores de Tecnologia e Engenharia do IFPB	39
2.2.2 Aquisição e uso dos conceitos: bases teóricas e aspectos gerais	40
2.3 CONSTRUTIVISMO COGNITIVISTA	43
2.3.1 Teorias Construtivistas da Aprendizagem	44
2.3.2 O que é a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)?	44
2.3.3 Paradigma teórico metodológico da Aprendizagem Significativa de David Ausubel	47
2.3.4 Tipos de Aprendizagem Significativa	48
2.3.5 Quatro princípios básicos para programar a instrução: Diferenciação Progressiva, Reconciação Integrativa, Organização sequencial e Consolidação	51
2.3.6 Aprendizagem Mecânica, por Descoberta e por Recepção	53
2.3.7 Aprendizagem Significativa: da visão cognitiva clássica à visão cognitivista contemporânea	55
2.4 FERRAMENTAS COGNITIVAS COMPUTACIONAIS	59
2.4.1 Objetos de Aprendizagem como um recurso do processo de ensino aprendizagem	61
2.4.2 Objetos de Aprendizagem como parte integrante do processo educativo: uma superposição de metas para o ensino de Física	64
2.4.3 Objetos de Aprendizagem: uma produção do NOA	69
2.4.4 Ensino por Multimeio e o Projeto RIVED	70

3 A PESQUISA	73
3.1 INTRODUÇÃO	73
3.2 EVENTO EDUCATIVO: UMA VISÃO SISTEMATIZADA.....	74
3.3 AVALIAÇÃO: O QUINTO ELEMENTO	77
3.4 CONECTANDO A PESQUISA AO EVENTO EDUCATIVO: O SEXTO ELEMENTO	78
3.5 A PESQUISA COMO UM GUIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO CURRÍCULO.....	73
3.6 UMA REFLEXÃO SOBRE OS ESTILOS DE APRENDIZAGEM.....	80
4 INVESTIGANDO A DINÂMICA DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO POR APRENDIZES EM SALA DE AULA	95
4.1 INTRODUÇÃO	95
4.2 DESIGN EXPERIMENTAL.....	97
4.3 ELABORAÇÃO, ANÁLISE E VALIDAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE PESQUISA.....	90
4.3.1 Evidenciando o processo de avaliação	98
4.3.2 Referencial para um modelo de pré-teste explorando a Taxonomia de Bloom Revisada.....	98
4.3.3 Instrumento construído e validado a ser utilizado como pré-teste e pós-teste	98
4.3.4 Validando os Objetos de Aprendizagem	102
4.4 IMPLEMENTANDO UMA METODOLOGIA CONSTRUTIVISTA INOVADORA	105
4.4.1 Design da pesquisa experimental correlacional entre uma metodologia tradicional (grupo de controle) e uma metodologia inovadora (grupo experimental)	105
4.5 APRECIÇÃO E USO DOS OBJETOS DE APRENDIZAGEM NA CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DA FÍSICA POR APRENDIZES EM SALA DE AULA	108
5 ANALISANDO CRITICAMENTE O ALCANÇE, OS MÉTODOS, OS RECURSOS E O MODELO PARA CHEGAR CRIATIVAMENTE A UMA MELHORIA DO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM	116
5.1 INTRODUÇÃO	116
5.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS DADOS.....	118
5.3 CONCEITOS FUNDAMENTAIS.....	119
5.4 DADOS ESTATÍSTICOS.....	120
5.5 DISCUSSÃO E RESULTADOS.....	123

5.5.1 Média.....	123
5.5.2 Variância.....	126
5.5.3 Desvio Padrão	126
5.5.4 Teste t para comparação entre amostras independentes	127
5.6 DADOS ESTATÍSTICOS DO MAPEAMENTO DOS RESULTADOS DO PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE - GRUPO DE CONTROLE E GRUPO EXPERIMENTAL	130
5.6.1 Teste t para Amostras Emparelhadas (Pareadas).....	132
5.6.2 Analisando as questões.....	135
5.7 ANÁLISE QUALITATIVA DOS DADOS.....	139
CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
REFERÊNCIAS	
APÊNDICES	
ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama V enfocando três Mapas Conceituais e um Diagrama Conceitual das quatro partes contempladas no processo de construção de conhecimento desta Tese-----	26
Figura 2 – Diagrama do Domínio Conceitual contido no Diagrama V da Tese enfocando as suas diversas componentes-----	27
Figura 3 – Mapa Conceitual contido no Diagrama V da Tese contemplando uma sequencia de ações da metodologia utilizada no Trabalho de Tese-----	28
Figura 4 – Mapa Conceitual contido no Diagrama V da tese do fenômeno de interesse que relaciona o processo de ensino-aprendizagem com as questões-foco a serem respondidas ao longo da pesquisa -----	29
Figura 5 – Mapa Conceitual contido no Diagrama V da Tese explicitando a situação problema envolvendo a exploração do modelo computacional, suas interfaces, elementos interativos, forma de apresentação dos dados e suas interpelações-----	30
Figura 6 – Diagrama processual da Tese enfocando uma visão sistêmica representacional do modelo proposto, conectando os elementos constitutivos da Tese -----	33
Figura 7 – Mapa Conceitual do referencial teórico elencando pressupostos teóricos e ferramenta computacional para uma metodologia construtivista -----	38
Figura 8 – Mapa Conceitual do processo de assimilação do conhecimento seguindo os passos ausubelianos -----	49
Figura 9 – Um modelo para planejar a instrução, consistente com a Teoria de David Ausubel. Adaptado de Moreira (1977) -----	51
Figura 10 – Matriz unidimensional do <i>Continuum</i> da Aprendizagem Mecânica à Aprendizagem Significativa -----	54
Figura 11 – Mapa Conceitual da Teoria da Aprendizagem Significativa na visão cognitiva clássica ausubeliana -----	56

Figura 12 – Mapa Conceitual da Aprendizagem Significativa na visão cognitiva contemporânea -----	58
Figura 13 – Mapa Conceitual estruturado dos artefatos cognitivos -----	60
Figura 14 – Mapa Conceitual dos Objetos de aprendizagem: hierarquia básica de trabalho na preparação e aplicação desta ferramenta -----	63
Figura 15 – Diagrama ilustrativo contendo uma visão simplificada evidenciando superposições de metas no Evento Educativo -----	66
Figura 16 – Diagrama analítico contendo os elementos constitutivos da investigação -----	74
Figura 17 – Mapa Conceitual elencando de forma ampliada os diversos elementos que integram o Evento Educativo -----	75
Figura 18 – Mapa Conceitual Estruturado do Evento Educativo, abordando sua concepção e implementação -----	76
Figura 19 – Mapa Conceitual do processo avaliativo em sua dimensão espaço-temporal e aspectos qualitativos e quantitativos -----	77
Figura 20 – Mapa Conceitual da Pesquisa Educativa em uma visão holística evidenciando paralelos e possíveis níveis de conexão -----	79
Figura 21 – O interativo ciclo de pesquisa, desenvolvimento e instrução centrado em torno de como aprendizes entendem os modelos de aprendizagem -----	80
Figura 22 – Mapa Conceitual elencando as hierarquias conceituais que fundamentam os Estilos de Aprendizagem (EA) -----	83
Figura 23 – Mapa Conceitual da aprendizagem conectando individualidades preferenciais dos diversos estilos de aprendizagem -----	85
Figura 24 – Infográfico das interfaces do Objeto de Aprendizagem Ciclo de Otto -----	92

Figura 25 – Esquema de aprendizagem proposto por Pozo (1990)-----	96
Figura 26 – Diagrama V para o design da metodologia da construção dos conceitos da Termodinâmica -----	97
Figura 27 – Esquema Tradicional da Aprendizagem Mecânica por Recepção -----	106
Figura 28 – Esquema conectando o avanço tecnológico e a epistemologia construtivista na Aprendizagem Significativa ausubeliana -----	107
Figura 29 – Mapa Conceitual do Constructo Operacional da análise do processo de pesquisa elencando seus elementos constitutivos -----	117
Figura 30 – Layout do demonstrativo hierárquico dos passos evidenciados nas análises descritiva e inferencial -----	119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Demonstrativo dos percentuais dos recursos de informática das escolas brasileiras -----	22
Quadro 2 – Visão panorâmica da distribuição dos Laboratórios Proinfo Integrado em rede nacional no período de 2006-2010 -----	23
Quadro 3 – Demonstrativo da evolução temporal da capacitação dos professores no período de 2007-2010 -----	24
Quadro 4 – Mapeamento do uso das diversas interfaces do OA na solução das questões do Pós-teste evolução em relação ao pré-teste por cada aluno do grupo focal -----	89
Quadro 5 – Demonstrativo da Matriz bidimensional da Taxonomia de Bloom Revisada -----	100
Quadro 6 – Demonstrativo da dimensão do conhecimento e suas categorias -	100
Quadro 7 – Comentários elucidativos das dimensões dos processos cognitivos referenciados na Taxonomia de Bloom Revisada -----	101
Quadro 8 – Referencial dos níveis e objetivos da dimensão cognitiva da Taxonomia de Bloom Revisada -----	101
Quadro 9 – Uma adaptação do sistema de símbolos usados originalmente por Campbell, D. T.; Stanley, J. C., (1996, p. 149) -----	108
Quadro 10 – Demonstrativo da amostra dos participantes do estudo correlacional entre o grupo de controle e experimental -----	109
Quadro 11 – Diagrama explicativo contendo a hipótese e a questão de pesquisa ----- -----	122
Quadro 12 – Diagrama com os diferentes tipos de variáveis (níveis de medida) -----	123
Quadro 13 – Dados descritivos do Pré-teste -----	127
Quadro 14 – Quadro com os dados descritivos do Pós-teste -----	127

Quadro 15 – Quadro demonstrativo da intensidade do tamanho do efeito descrito por Cohen (1988) -----	130
Quadro 16 – “Tamanho do Efeito” para a comparação de duas médias no pré-teste aplicado ao Grupo Experimental -----	131
Quadro 17 – “Tamanho do Efeito” para a comparação de duas médias no Pós-teste aplicado ao Grupo Experimental após tratamento -----	131
Quadro 18 – Representação da questão de pesquisa e da hipótese evidenciada na análise estatística de comparações pareadas -----	133
Quadro 19 – Amostral das médias e dos desvios padrões para o cálculo do tamanho do efeito para amostras pareadas -----	134
Quadro 20 – Vias de comparação entre números de acertos e erros dos participantes do tratamento nas questões que integram o pré-teste e pós-teste -----	135

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Levantamento das variáveis médias, dos grupos de controle e experimental -----	125
Gráfico 2 – Percentual de acertos e erros no pré-teste e pós-teste na Questão 1-----	136
Gráfico 3 – Percentual de acertos e erros no pré-teste e pós-teste na Questão 2-----	136
Gráfico 4 – Percentual de acertos e erros no pré-teste e pós-teste na Questão 3-----	137
Gráfico 5 – Percentual de acertos e erros no pré-teste e pós-teste na Questão 4-----	137
Gráfico 6 – Percentual de acertos e erros no pré-teste e pós-teste na Questão 5-----	138
Gráfico 7 – Percentual de acertos e erros no pré-teste e pós-teste na Questão 6-----	138
Gráfico 8 – Percentual de acertos e erros no pré-teste e pós-teste na Questão 7-----	139
Gráfico 9 – Levantamento percentual do ponto de vista dos aprendizes, quanto à apresentação e comunicação inerentes aos OA's trabalhados -----	140
Gráfico 10 – Levantamento percentual do ponto de vista dos aprendizes, quanto ao conteúdo inerente aos OA's trabalhados -----	141
Gráfico 11 - Levantamento percentual do ponto de vista dos aprendizes, quanto às atividades de investigação e compreensão inerentes aos OA's trabalhados	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição do cálculo do tamanho do efeito do teste estatístico	
-----	129
Tabela 2 – Sequência de passos para o cálculo do tamanho do efeito para amostras pareadas	
-----	133
Tabela 3 – Sequência de passos explicitando o cálculo do tamanho do efeito para amostras pareadas	
-----	134

LISTA DE SIGLAS

AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem-----	34
CCNMT – Centro de Ciências da Natureza, Matemática e outras Tecnologias -----	39
DEED – Diretoria das Estatística Educacionais do INEP-----	22
FASF – Ferramenta para Aprendizagem Significativa em Física-----	70
IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers-----	61
IFPB – Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Paraíba -----	39
INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais-----	22
LTSC – Learning Technology Standards Committee-----	61
MEC – Ministério da Educação e Cultura-----	64
NOA – Núcleo de Construção de Objetos de Aprendizagem-----	69
OA – Objetos de aprendizagem-----	27
PAPED – Programa de Apoio à Pesquisa em Educação a Distância-----	91
PERG – Physics Education Research Group-----	80
PNLEM – Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio -----	140
RIVED - Rede Interativa Virtual de Educação-----	70
SEAD – Secretaria de Educação a Distância -----	64
SPSS – Statistical Package for the Social Sciences -----	129
TAS – Teoria da Aprendizagem Significativa-----	44
TIC – Secretaria de Educação a Distância -----	22
TICE – Secretaria de Educação a Distância Educacional-----	25
TPCC – Teorias Psicológicas Cognitivas Construtivistas -----	25
UFPB – Universidade Federal da Paraíba-----	91
UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos-----	104
ZDP – Zona de Desenvolvimento Proximal-----	68

RESUMO

O objetivo deste Trabalho foi o de estruturar, implementar e investigar uma metodologia inovadora de cunho teórico-prático, que venha contribuir para a melhoria do processo de Ensino-aprendizagem de Física. Desenvolvida ao longo de uma trajetória sistêmica que conecta o Evento Educativo, Ensino, Aprendizagem, Teorias Educacionais, Prática Educativa e Construção do Conhecimento. A qual associou a Pesquisa Educativa a aspectos teóricos e experimentais, assumindo a premissa de que aprender não é só memorizar informações, mas que é preciso saber relacioná-las, ressignificá-las e refletir sobre elas. Onde bons pontos de ancoragem na estrutura cognitiva de quem aprende são determinantes. Como referencial de trabalho de forma inovadora, priorizamos o uso de recursos didáticos alardeados pela Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) da Educação. Onde foi utilizada a ferramenta cognitiva computacional denominada Objetos de Aprendizagem (OA), considerada como recurso auto consistente do Processo de Ensino Aprendizagem (PEA). O estudo privilegia a sala de aula das disciplinas Física Geral III e Física Aplicada no eixo temático Termodinâmica da grade curricular ofertada para os cursos de Engenharia Elétrica, Automação Industrial e Geoprocessamento do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) do período 2012.2. A pesquisa educativa foi desenvolvida em uma sequência de ações: mapeamento e posteriormente tratamento de dados quantitativos e/ou qualitativos, tratamento quase -experimental, pesquisa de intervenção e pesquisa diagnóstica. O tratamento estatístico destes dados nas modalidades descritiva (gráficos e tabelas) e inferencial (tamanho do efeito) nega a hipótese nula e sugere fortemente, que os aprendizes submetidos ao processo de construção dos conceitos científicos da Física, auxiliados pela ferramenta utilizada, apresentam melhor rendimento escolar, do que os submetidos a uma metodologia tradicional. Parâmetros que possibilitaram a obtenção, o controle e análise dos elementos necessários para validar quantitativamente a hipótese de pesquisa. Para uma análise qualitativa do tratamento foi feita a aplicação de quatro questionários semiestruturados e um sobre estilos de aprendizagem. A análise destes dados apresenta uma possibilidade de transposição para um novo espaço de ensino-aprendizagem. O qual associa o virtual como modelo de descrição do real e geram especificidades de reprodução e comunicação dos conceitos da Física, embutidos em um fenômeno particular. Garantia de flexibilidade, conectividade e interatividade e uma influência positiva na construção dos conceitos da Física e na aplicação destes na solução de problemas.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Objetos de Aprendizagem. Pesquisa Educativa. Ensino - Aprendizagem de Física. Construtivismo.

ABSTRACT

The main goal of this study was: to organize, to implement and to discover a new methodology with theoretical-practical concept that comes to contribute for a better place in the process of teaching and learning Physics. Developed along a trajectory that connects the systemic Educational Event , Education, Learning , Educational Theories , Educational Practice and Knowledge Construction, learn is not just memorize information but it is necessary to relate them, give a new sense to them and reflect about them, where the good aspects in the cognitive structure from learners are determiners, we opted by epistemological aspects whose origin is in the Theoretical of learning meaningful (TLM) by David Ausubel. To compose a framework in a new way for a society within digital era, we choose didactics resource in the technological and communication areas of education (TCAE). During the process we used a computational tool called Objects of learning (OL), regarded as a self consistent resource by the teaching and learning process (TLP). It can be understood as a component strictly digital reused or source of virtual reproduction coherent with the phenomena of interest studied. Linking the study by the pedagogue context and putting the classroom as a stage, it was considered a new way of learning that involved the learners, the staff, an integrants of the subject Applied Physics offer by the courses of electric engineering, industrial automation, and geo-processing from The Federal Institute of Education and Science of Paraiba State (IFPB). We did the mapping and treatment of data qualitative and quantitative, the clinical method of watching, treatment almost experimental, research of intervention and diagnose aspects that made possible the acquisition, the control and analyze of the necessary elements to make possible our hypothesis of research. Ensure flexibility, connectivity and interactivity and a positive influence on the construction of the concepts of physics and application in solving these problems.

Key-Words: Meaningful Learning. Learning Objects. Educational Research. PhysicsTeaching-Learning. Construcitivism.

INTRODUÇÃO

1- INTRODUÇÃO

1.1 O CONTEXTO DO PROBLEMA E SUA RELEVÂNCIA

Quando se fala do futuro da Educação, não se pode deixar de lado, a célebre frase que prefacia a Obra *Applying the Science of LEARNING* (MAYER, 2011): “A missão central da educação é ajudar pessoas a aprenderem”.

Transpondo a problemática para o contexto atual, onde a velocidade dos avanços das descobertas científicas e tecnológicas superam substancialmente os métodos de ensinar e aprender faz-se necessário uma mudança iminente da prática educativa. Como problemas pertinentes, se podem citar escolas com problemas sérios tanto no plano físico, assim como, nas suas funções formativas, que produzem diplomados nem sempre com aptidões compatíveis com as necessidades do mercado de trabalho e demandas advindas deste. Considerem ainda, componentes curriculares às vezes inadequados (espaço-temporal), carentes de mudanças que venham suprir as necessidades dos conteúdos atuais, num sentido mais abrangente e diversificado. Com espaço para a interdisciplinaridade e a inclusão digital.

A seguir, disponibilizou-se o Quadro 1 com um marco do Censo Escolar de 2010/MEC/Inep/DEED. O qual mostra um demonstrativo percentual dos dados nesta etapa, referentes à problemática da inclusão digital.

Quadro 1 – Demonstrativo dos percentuais dos recursos de informática das escolas brasileiras.

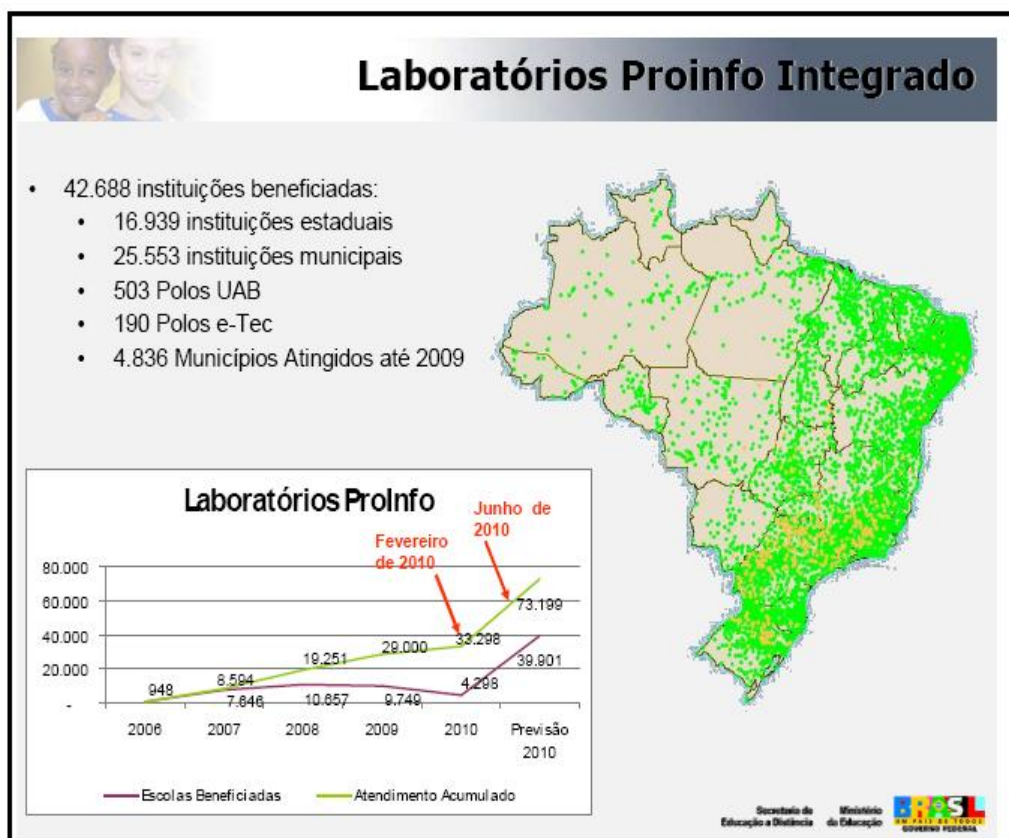
Escolas Brasileiras	Censo Escolar 2010
Laboratório de Informática	39,37%
Computador	60,45%
Acesso à Internet	45%

Fonte: Censo Escolar/2010/MEC/Inep /DEED.

Após a análise dos dados contidos no Quadro 1 verificam-se alguns percentuais que podem ser considerados como resultados positivos. Para um demonstrativo mais específico e relevante para a pesquisa, foi ofertado o Quadro 2

que delimita subconjuntos contendo dados que contemplam uma visão dos Laboratórios do Proinfo integrados em rede nacional.

Quadro 2 – Visão panorâmica da distribuição dos Laboratórios Proinfo Integrado em rede nacional no período 2006-2010.



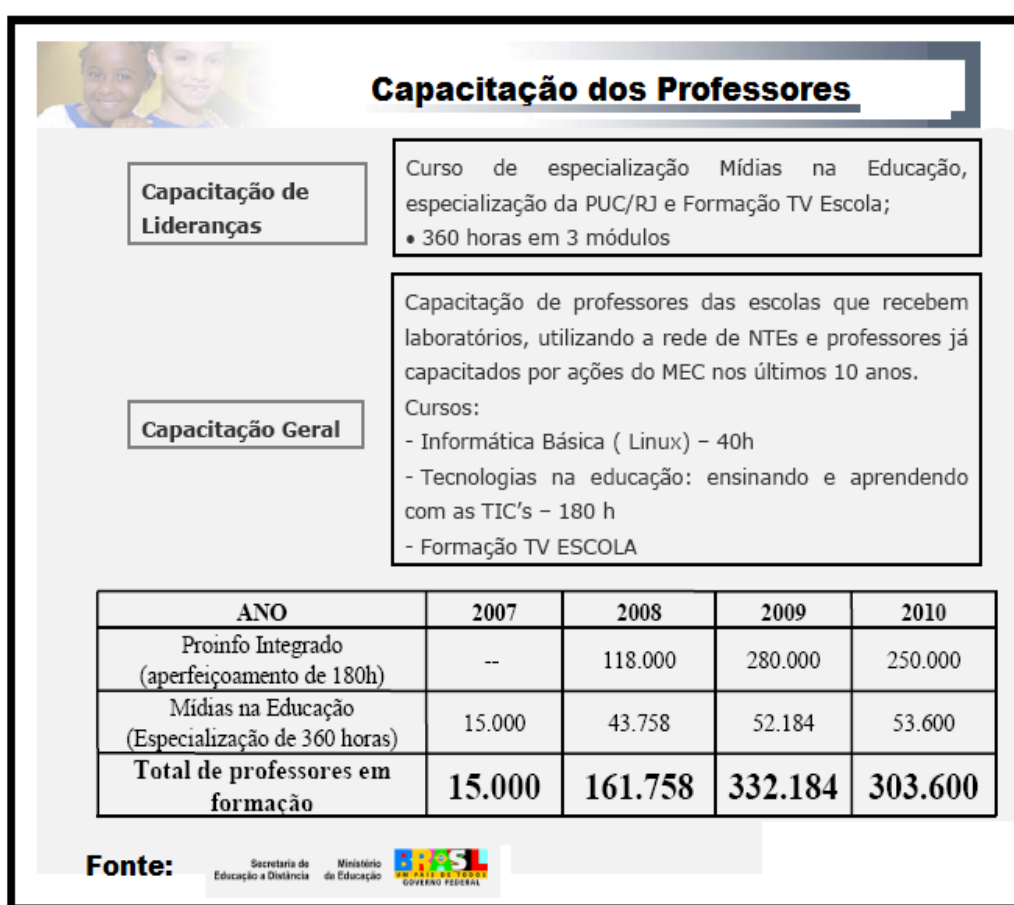
Fonte: Secretaria de Educação à Distância/MEC.

A análise do gráfico contido no Quadro 2 mostra um avanço das instituições beneficiadas pela oferta de Laboratórios Proinfo Integrado. E uma análise mais específica no período de Fevereiro a Junho de 2010.

Entretanto, adentrando-se um pouco mais no universo das Políticas Públicas desta área, considerou-se que garantir equipamentos e recursos das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), deve ser uma meta importante a ser cumprida. Mas, estes investimentos somente serão válidos, primando-se por uma educação igualitária e de qualidade. Máquinas por si próprias não aprimoram o processo educativo.

Para que os objetivos de ensino sejam alcançados são primordiais materiais potencialmente significativos e estratégias de ensino portadoras de eficácia (TAVARES; LUNA, 2005, 2007). Alguns projetos já se encontram em andamento na direção da capacitação de professores, disponibilizados de forma genérica no Quadro 3 .

Quadro 3 – Demonstrativo da evolução temporal da capacitação dos Professores no período 2007-2010.



Fonte: Secretaria de Educação à Distância/MEC.

Percebe-se de forma explícita na tabela descrita no Quadro 3 (ano x total de professores em formação), um gradiente bastante progressivo desde 2007 até 2010 da capacitação dos professores.

Por outro lado, com o objetivo de reconfigurar o processo de ensino aprendizagem de forma genérica, e especificamente, o de Física em face destas novas variáveis , o foco central deste Trabalho foi o de conectar de forma sistêmica,

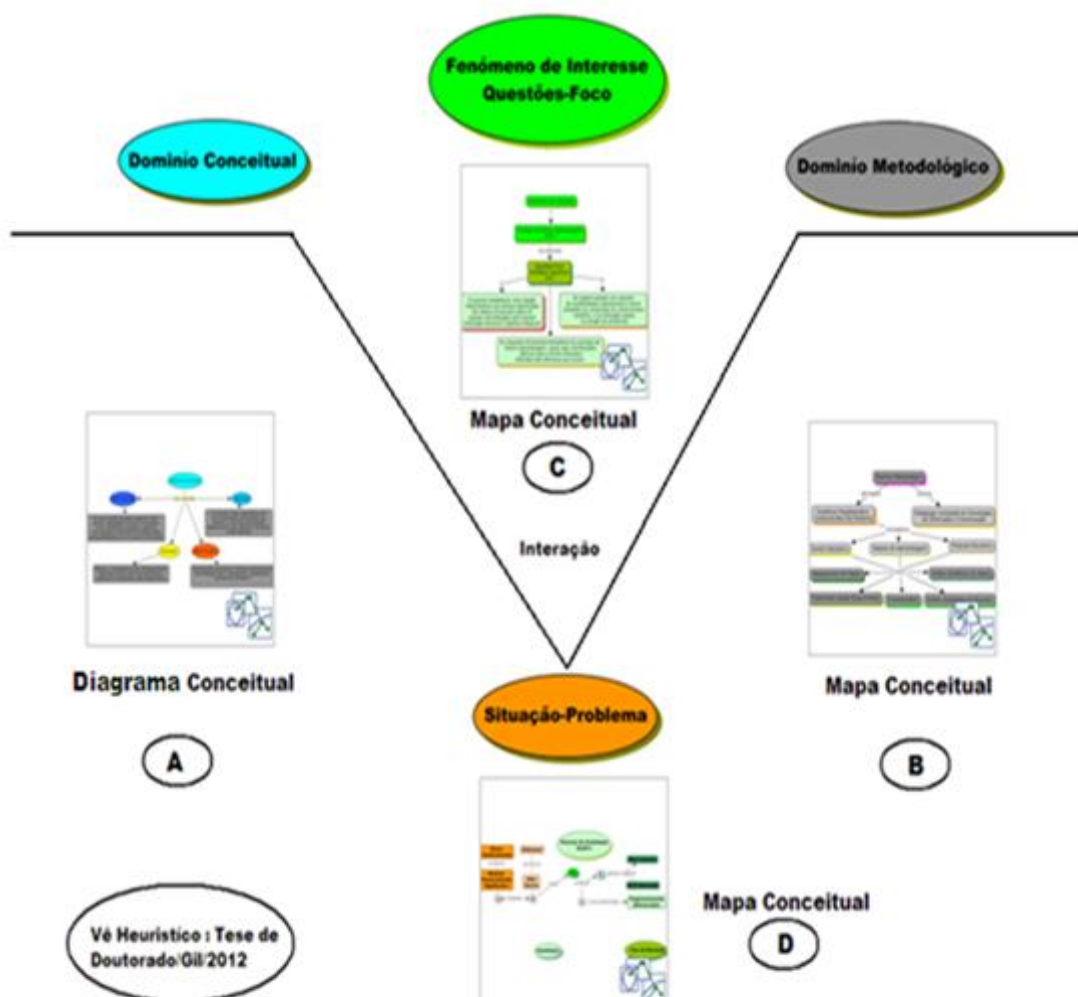
potencialidades expressivas das Tecnologias da Informação e Comunicação Educacionais (TICE), com Teorias Psicológicas Cognitivas Construtivistas (TPCC).

Seguindo a trilha da construção dos conceitos científicos da Física optou-se por um ambiente escolar privilegiando os elementos do Evento Educativo – aprendiz, mestre, conhecimento, contexto e avaliação (NOVAK; GOWIN, 1996).

Como forma inicial de apresentar este Trabalho disponibilizou-se na Figura 1 uma adaptação do Vê Epistemológico de Gowin (1981). Mais recentemente, denominado de Diagrama V (GOWIN; ALVAREZ, 2005). O qual contempla uma visão panorâmica da diversidade dos elementos que compõem este Trabalho. Favorecendo um espaço de diálogo (Interação) entre o mundo acadêmico (Domínio Conceitual), contexto (Domínio Metodológico), fenômeno de interesse (Questão (ões)-foco) e situação problema (Objeto de Estudo).

O Diagrama V é um instrumento heurístico relativo a um determinado fenômeno de interesse. Um Diagrama em forma de “V”, onde se encontram: a questão-foco no meio, a situação-problema no vértice e nos lados esquerdo e direito, estão, respectivamente, o domínio conceitual e o domínio metodológico, tal como sugere a Figura 1.

Figura 1 – Diagrama V enfocando três Mapas Conceituais e um Diagrama Conceitual das quatro partes contempladas no processo de construção de conhecimento desta Tese .



Fonte: Dados da pesquisa.

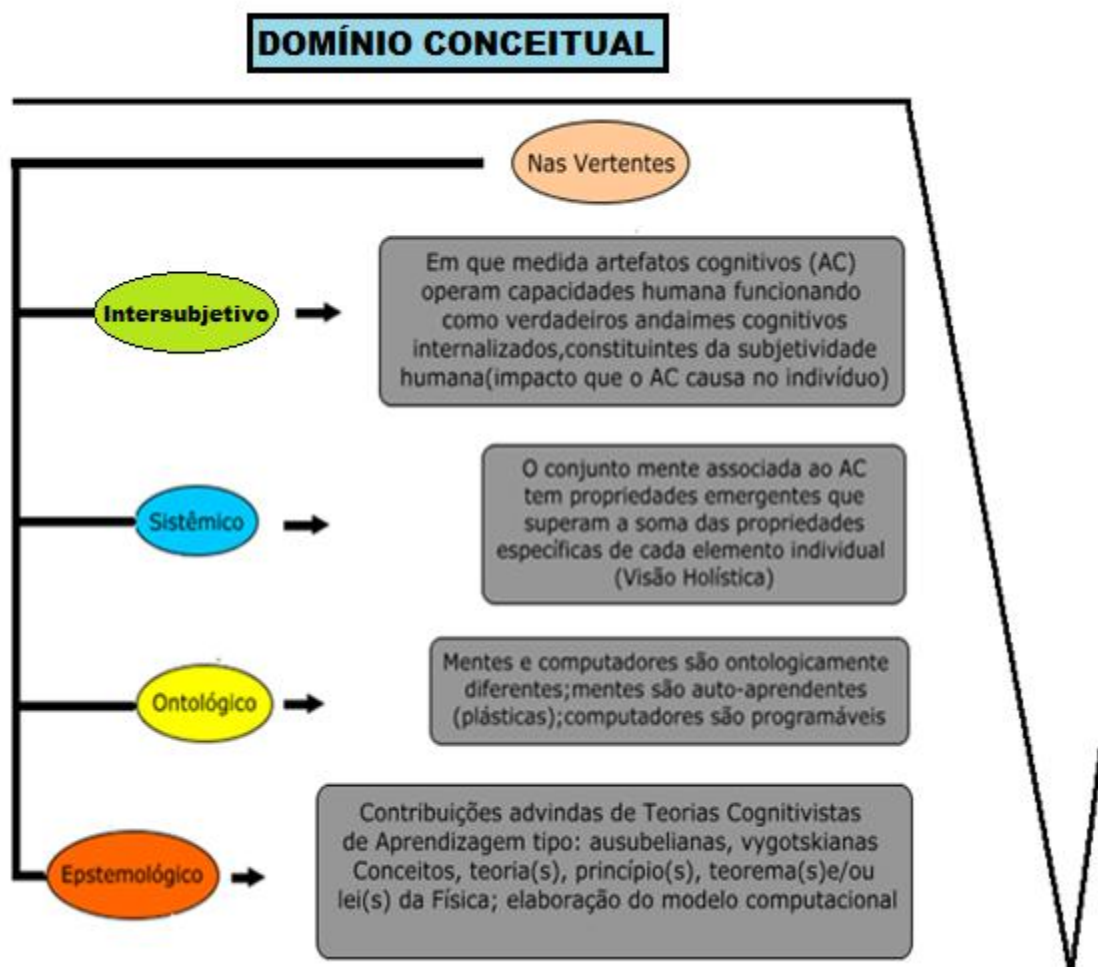
Os itens integrantes do Diagrama V serão detalhados a seguir no Diagrama Conceitual da Figura 2 e nos Mapas Conceituais estruturados das Figuras 3, 4 e 5. Atente para a interdependência explícita entre os campos representados no Diagrama V.

O intuito é promover aos interessados um ponto de partida para sua interação com o Trabalho de Tese, gerando possibilidades de reflexão e análise.

Na Figura 2 estão contidos os elementos do Domínio Conceitual (o pensar) contido no Diagrama V da Tese enfocando suas diversas componentes. Esta parte

contempla o modelo teórico que fundamenta a Tese e referencia os parâmetros e as variáveis utilizadas na elucidação da hipótese aceita na mesma.

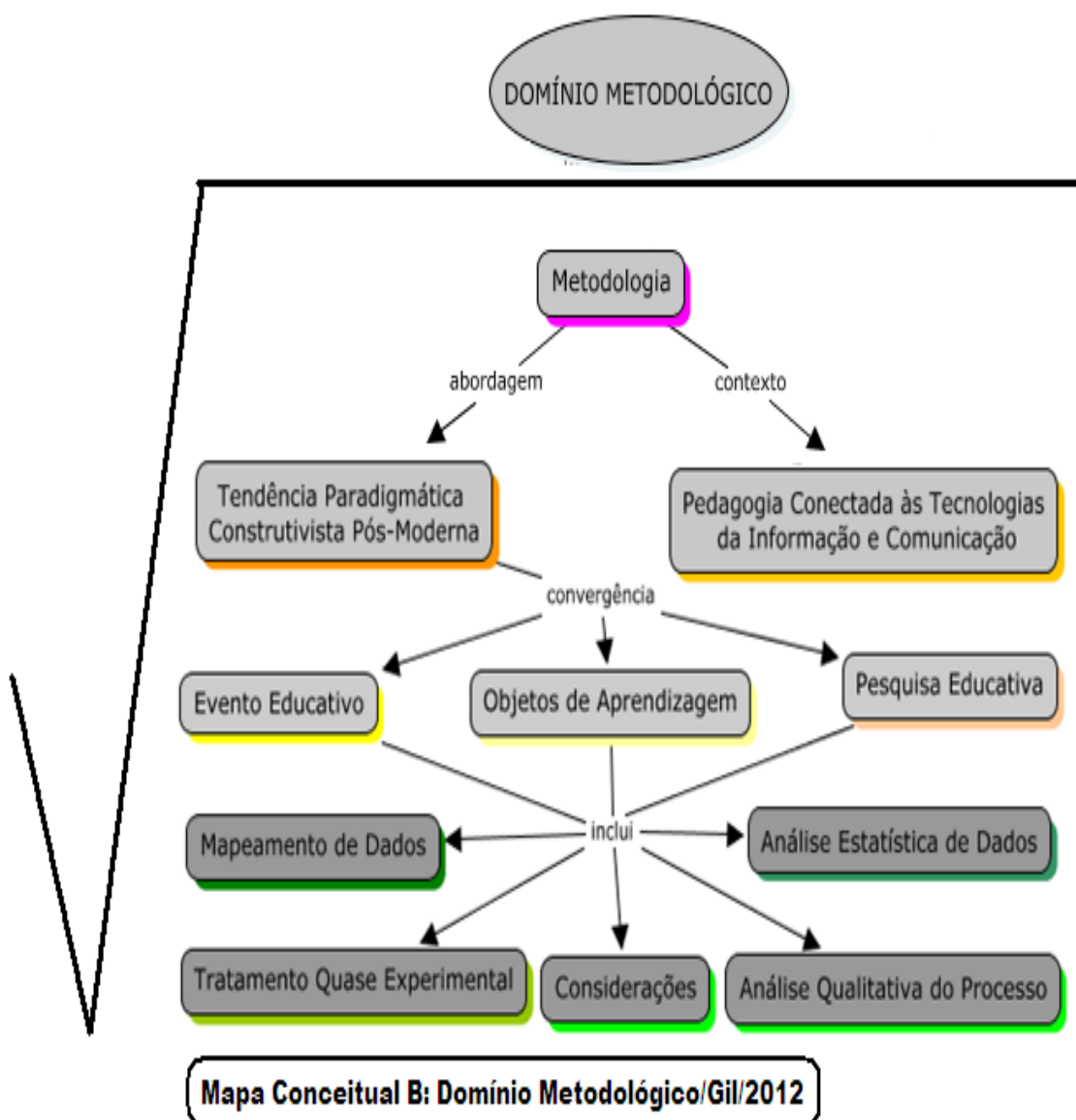
Figura 2 – Diagrama do Domínio Conceitual contido no Diagrama V da Tese enfocando os seus diversos componentes.



Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 3 contempla o Domínio Metodológico (o fazer) contido no Diagrama V da Tese indicando quais os registros que serão efetuados na tentativa de responder às questões-foco. Destina-se também, a uma amostragem da metodologia aplicada privilegiando a convergência entre a utilização de uma ferramenta computacional denominada Objeto de Aprendizagem (OA), os elementos do Evento Educativo e a Pesquisa Efetivada. Contém ainda, um guia para análise das predições realizadas e os resultados conhecidos.

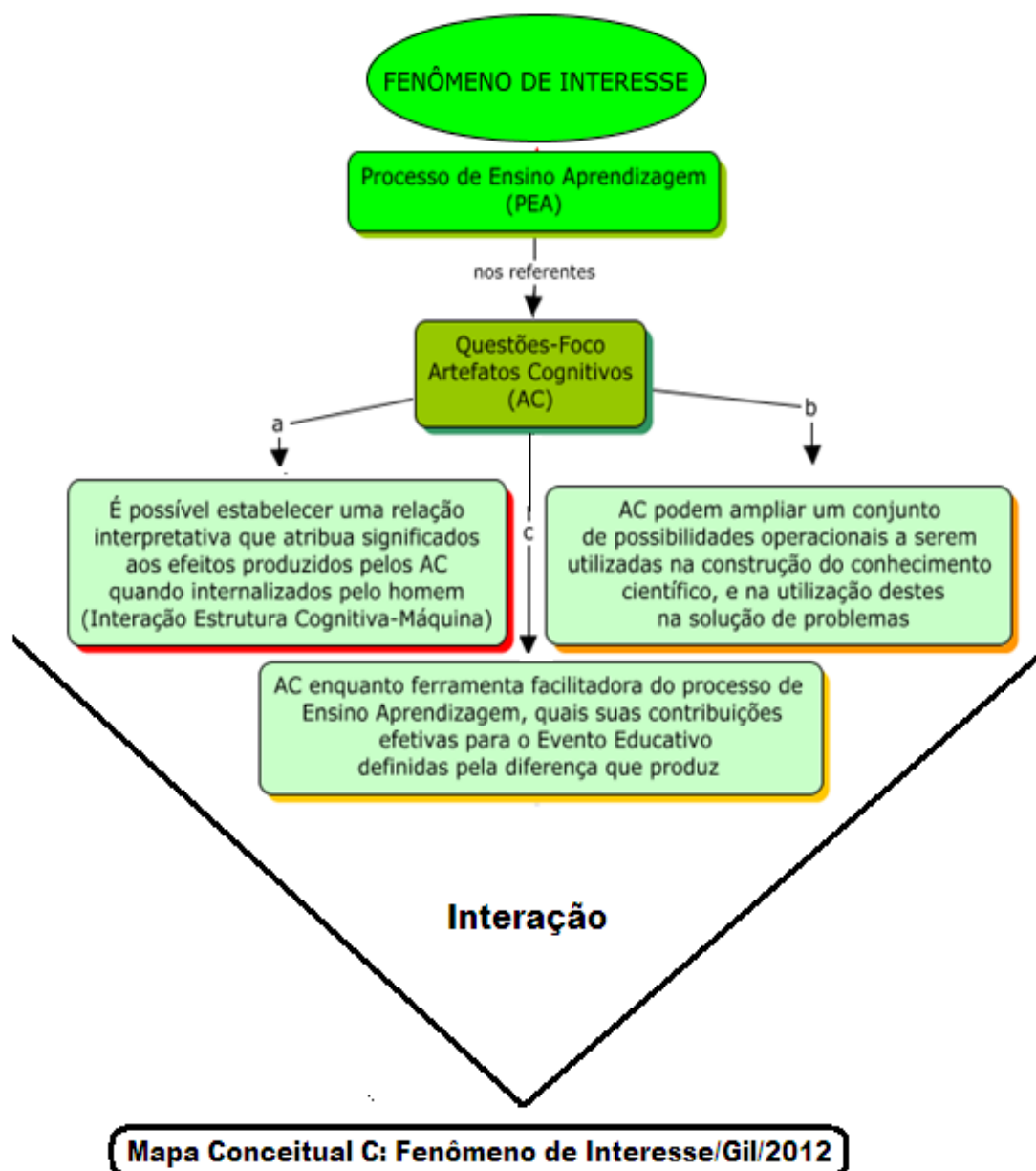
Figura 3 – Mapa Conceitual contido no Diagrama V da Tese contemplando uma sequencia de ações da metodologia utilizada no Trabalho de Tese.



Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 4 contém um Mapa Conceitual contido no Diagrama V da Tese com a representação do fenômeno de interesse. Nesta etapa é importante que se reflita sobre as questões-foco - perguntas que dizem algo (*telling questions*), sobre o que pesquisar e quais métodos e técnicas a utilizar. Sua coerência interna, conjunto de possibilidades operacionais e quais suas contribuições efetivas para o Evento Educativo e para eficácia do processo de ensino aprendizagem.

Figura 4 – Mapa Conceitual contido no diagrama V da Tese do fenômeno de interesse que relaciona o processo de ensino-aprendizagem com as questões-foco a serem respondidas ao longo da pesquisa.

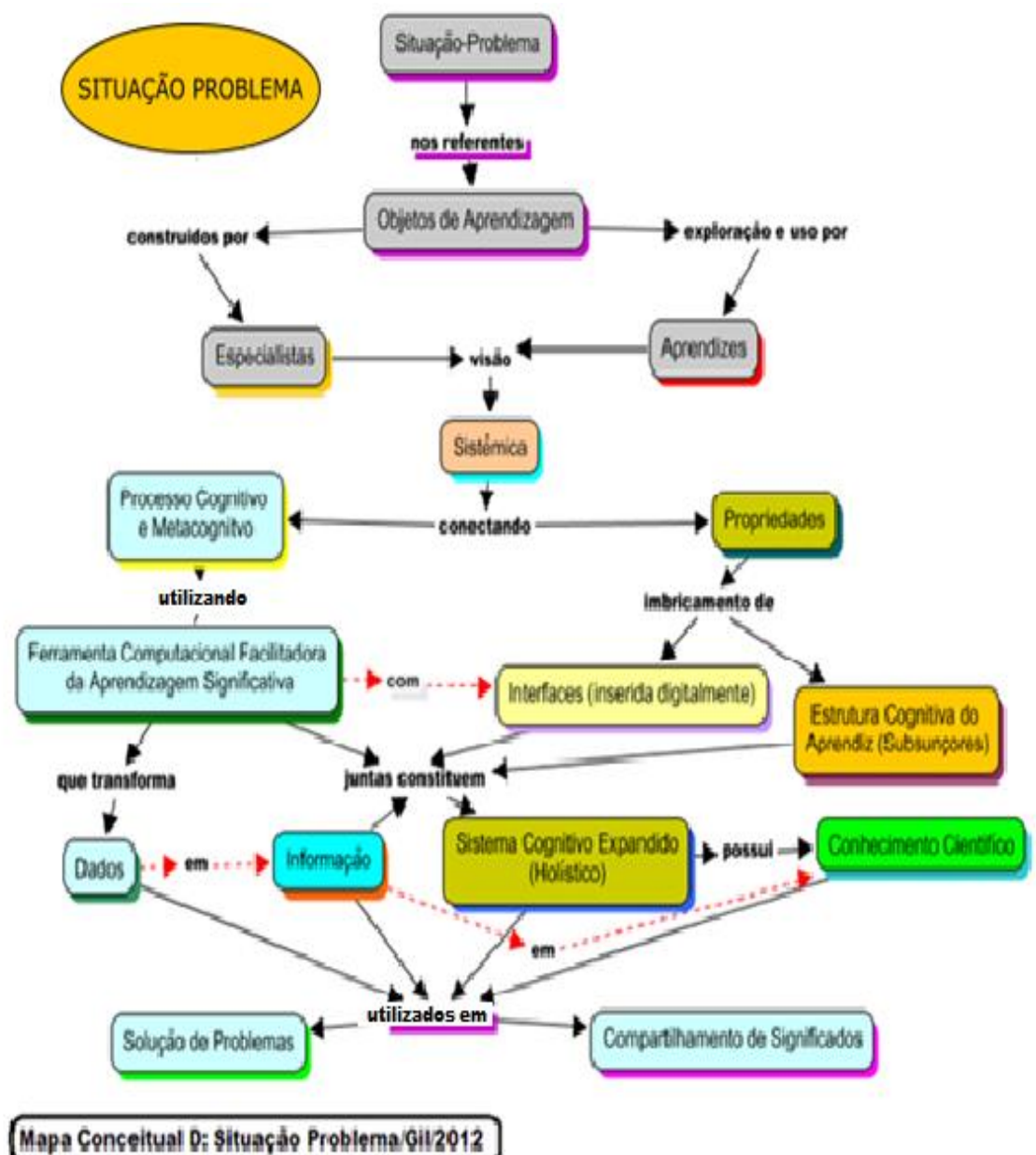


Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura 5 apresentou-se de forma sistêmica um Mapa Conceitual contido no Diagrama V da Tese da situação problema, contendo a escolha do fenômeno de interesse e uma listagem das variáveis relevantes do sistema a ser estudado. Este Mapa Conceitual hierarquiza o objetivo escolhido, a hipótese de pesquisa,

conectando propriedades, ferramenta computacional, dados e informações sobre a descrição do evento.

Figura 5 - Mapa Conceitual contido no Diagrama V da Tese explicitando a situação problema envolvendo a exploração do modelo computacional, suas interfaces, elementos interativos, forma de apresentação dos dados e suas interpelações.



Fonte: Dados da pesquisa.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Otimizar o ensino aprendizagem de Física no ensino Superior do IFPB, através de um processo sistêmico, conectando a Aprendizagem Significativa ausubeliana ao uso da ferramenta cognitiva computacional denominada Objetos de Aprendizagem.

1.2.2 Objetivos específicos

- Mapear e analisar, de forma dinâmica, a aquisição de novos conhecimentos (conceitos da Física) adquiridos por aprendizes integrantes das disciplinas Física Geral III do curso de Engenharia Elétrica e Física Aplicada do curso de Automação Industrial e Geoprocessamento no Ensino Superior do IFPB, no eixo temático Termodinâmica do período 2012.2.
- Articular a construção do conhecimento científico com sistemas de modelagem computacional de forma dinâmica. Fazendo uso dos Objetos de Aprendizagem construídos pelo NOA no eixo temático Termodinâmica acessando suas diversas interfaces - mapa conceitual, contexto histórico, saiba mais, animação interativa, processo avaliativo e guia do professor, como facilitadores da interatividade nos processos de ensino-aprendizagem de Física.
- Conectar o ensino-aprendizagem de Termodinâmica com simulações computacionais em ambientes virtuais.
- Explorar o uso dos Objetos de Aprendizagem construídos pelo NOA que versam sobre Termodinâmica, em um duplo viés de reprodução virtual, coerente com o fenômeno de estudo e fonte relevante de informações contidas no fenômeno.
- Implementar em sala de aula o uso do *Cmaptools* para a construção de Mapas Conceituais por aprendizes da educação formal.
- Aplicar os fundamentos teóricos da aprendizagem significativa ausubeliana na perspectiva de construção de uma metodologia inovadora, eficaz para o processo de ensino-aprendizagem de Física, priorizando a capacidade evolutiva da estrutura cognitiva do aprendiz.

- Analisar o uso da ferramenta computacional OA como forma de ampliar um conjunto de possibilidades operacionais, em atividades de exploração e na solução de problemas, que requerem conhecimentos específicos da Termodinâmica, por aprendizes da disciplina Física Geral III do curso de Engenharia Elétrica do IFPB do período 2012.2.
- Levantar novas ideias construtivistas que sirvam de fundamentos em estratégias didáticas potenciais para a melhoria do Evento Educativo.

1.3 HIPÓTESE

Objetos de Aprendizagem (construídos e validados por Especialistas em determinado eixo temático da Física) utilizados adequadamente como ferramentas cognitivas de modelação (material potencialmente significativo e/ou reprodução virtual do fenômeno de interesse), no processo de ensino aprendizagem são facilitadores de uma Aprendizagem Significativa bem sucedida dos conceitos científicos da Física presentes no fenômeno, por aprendizes na educação formal.

1.4 DESIGN DO TRABALHO

Na busca do fio condutor da Tese voltada para sua premissa basilar de “ajudar as pessoas no processo de construção do conhecimento científico” (MAYER, 2011) torna-se evidente uma superposição de metas, que embora trilhada de forma sistêmica em algumas situações, foram tratadas em partes individuais – visão reducionista. Estilo justificado no pensamento de Capra (2006, p. 261):

A descrição reducionista pode, portanto, ser útil e, em alguns casos necessária. Ela só é perigosa quando interpretada como se fosse a explicação completa. Reduccionismo e Holismo, análise e síntese, são enfoques complementares que, usados em equilíbrio adequado, nos ajudam a chegar a um conhecimento mais profundo.

O contexto organizacional deste Trabalho se encontra descrito de forma sintetizada na Figura 6, a qual contempla tanto uma visão reducionista, quanto uma visão holística do processo.

Figura 6 – Diagrama processual da Tese enfocando uma visão sistêmica representacional do modelo proposto, conectando os elementos constitutivos da Tese.



Fonte: Dados da pesquisa.

Uma visão elucidativa das partes que integram este modelo (tomado como referência) levou em conta alguns esclarecimentos sobre a estrutura e conteúdos elencados nos diversos Tópicos que compõem a Tese.

De forma geral, um dos enfoques a ser considerado ao longo deste Trabalho, foi o fato de o mesmo tomar como fundamento, os inerentes a uma Pedagogia Construtivista. Entretanto, enfatizando os aspectos que referenciam a produção do conhecimento científico, destacou-se o pensamento de Valadares (2007, p.119), que cita: “vários pesquisadores, entre eles Piaget, afirmaram que qualquer boa teoria de aprendizagem é indissociável de uma visão epistemológica”. A estrutura basilar deste Trabalho se edifica em patamares ausubelianos.

Seguindo a trajetória sequencial dos Tópicos, após a Introdução, o Tópico 2 contempla inicialmente uma descrição da disciplina Física nos cursos Superiores de Tecnologia e Engenharia Elétrica do IFPB. Um pouco adiante, foi referenciada a Esfera Epistemológica onde se resgatou a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, o Evento Educativo na visão de Joseph Novak e alguns aportes de pesquisadores nesta área. Enfocando a convergência necessária entre a Ciência da Aprendizagem, a construção do conhecimento (aprendizagem e meta-aprendizagem) e contribuições advindas da Psicologia Cognitiva que têm favorecido significativamente, para se entender como as pessoas aprendem. Sem desconsiderar o papel do cérebro e a aplicação da Neuropedagogia (visão neurocientífica do processo de aprendizagem) remeteu-se a pesquisa para o contexto da Aprendizagem Significativa ausubeliana. A qual comporta a dimensão de um processo cognitivo relevante que integra o Evento Educativo. Portanto, optou-

se por seguir a trilha dos teóricos da Psicologia Cognitiva que se detiveram na busca de elucidar e revelar os processos cognitivos dos que constroem (sujeito cognoscente; processo intrínseco) e dos que auxiliam (processo extrínseco) a construção do conhecimento científico.

Neste ponto, tornou-se indispensável o uso da ferramenta computacional denominada Objeto de Aprendizagem (OA) como suporte da aprendizagem bem sucedida dos conceitos científicos da Física.

Repensando a prática pedagógica em sala de aula o tópico 3 é dedicado a uma visão mais detalhada do Evento Educativo. Ampliando os quatro lugares-comuns de Schwab (Aluno, Professor, Conteúdo e Contexto), inicialmente pela inclusão do quinto elemento, a Avaliação (NOVAK, 1998). De forma sequencial foi adicionado um sexto elemento, a Pesquisa Educativa. Forma complementar onde se pode encontrar os referentes à incursão/procedimento, pesquisa e análise das diversas interfaces dos OA's e dos diversos estilos de aprendizagem de cada aprendiz. Desta forma, delineou-se um campo de ação e investigação do processo de construção do conhecimento.

No Tópico 4 foi apresentada uma descrição das possibilidades do uso pormenorizado da Ferramenta Computacional Objetos de Aprendizagem, a ser utilizada como verdadeiro “andaime cognitivo” para a construção do conhecimento e/ou, representação virtual coerente do fenômeno estudado. Ou ainda, como um ferramenta/artefato que possibilite a facilitação da solução de problemas, “numa espécie de corpo ampliado” (TEIXEIRA, 2011).

Este Tópico contém uma trajetória mais específica, que se considerou um dos destaques deste Trabalho, o desafio pedagógico, isto é, a implementação, análise e validação de uma metodologia inovadora que conecta a tríade, material potencialmente significativo, objetos de aprendizagem e processos de assimilação, enriquecida pela inserção das TICE. A ponto de transformar a sala de aula em um ambiente virtual de aprendizagem (AVA) para a promoção bem sucedida da aprendizagem significativa ausubeliana dos conceitos da Física. No eixo temático Termodinâmica, por aprendizes da disciplina Física Geral III dos cursos de Engenharia Elétrica e Física Aplicada do curso de Automação Industrial do IFPB.

O Tópico 5 é dedicado inicialmente a uma análise quantitativa dos dados levantados no Tópico anterior, mediante um tratamento estatístico. Complementado por uma análise qualitativa, onde se analisaram as potencialidades do modelo, a

partir do ponto de vista dos aprendizes partícipes do processo de construção do conhecimento. Optou-se como fonte para obtenção de dados, a aplicação de dois questionários montados à luz de um referencial, voltados para uma reflexão sobre a eficácia das diversas interfaces do OA (aplicado ao Grupo Experimental) e sobre os estilos de aprendizagem (aplicado a um Grupo Focal).

O Tópico Final apresenta as Reflexões e Conclusões do Autor referentes à validação da hipótese de pesquisa e suas contribuições efetivas para o processo de ensino-aprendizagem de Física. E sugere novas incursões nesta trajetória.

REFERENCIAL TEÓRICO

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INTRODUÇÃO

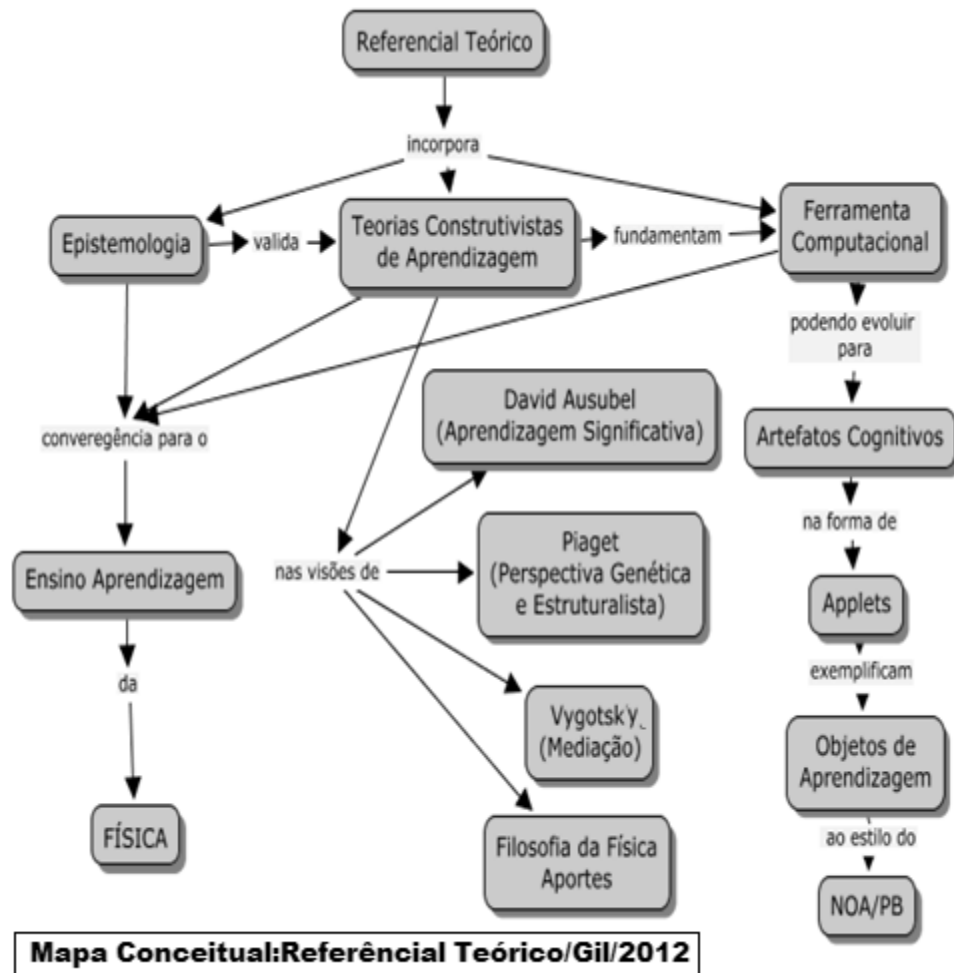
Como forma de garantir os elementos de textualidade deste Trabalho, ou seja, uma maneira de conceber um arcabouço teórico adequado para fundamentar uma metodologia construtivista, foi de interesse do mesmo, estruturar um sistema conceitual suficientemente rico, que incluía necessariamente questões, análises e respostas, para heterogeneidade dos sistemas tratados na Tese.

Neste ponto, fez-se necessário uma delimitação das vertentes que serviram como referencial teórico, que deu suporte ao Trabalho de Tese.

Não se trata de uma estrutura fechada, mas algo dinâmico, pois ao longo das atividades desenvolvidas no processo de edificação deste Trabalho, novas variáveis vão surgindo devido à auto-organização da pesquisa, da dinâmica de sua implementação e de sua complexidade. Desta forma, o interesse foi disponibilizar um referencial teórico que venha suprir as bases metodológicas, e um referencial de trabalho da ferramenta utilizada na interferência para a construção e implementação de abordagens didáticas, alicerçada em uma concepção epistemológica coerente sobre o processo de modelagem científica, que permita aumentar a eficácia dos modelos computacionais da aprendizagem de Física. O Mapa Conceitual da Figura 7 incorpora as teorias científicas, as ferramentas computacionais e o processo de ensino-aprendizagem.

A sequência dos temas tratados no mesmo contém uma ampla reserva de informações necessárias ao entendimento do referencial teórico.

Figura 7 – Mapa Conceitual do referencial teórico elencando pressupostos teóricos e ferramenta computacional para uma metodologia construtivista.



Fonte: Dados da pesquisa.

2.2 PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA

A ideia básica desta seção é que ensinar e aprender Física, longe de ser um mero processo de assimilação de conhecimentos, implica disponibilizar um método adequado subjacente a dados advindos do estudo de como se gera ou se elabora o conhecimento científico.

Inicialmente, enfatizou-se a trilha de superar a concepção positivista, segundo a qual, a Ciência é um discurso sobre o real. Tomou-se como meta, um processo definido de elaboração de modelos para interpretar o real. Onde os conceitos e as Leis que compõem as Teorias Científicas, não são saberes absolutos estáticos, mas

elementos estruturais dinâmicos, na elaboração de modelos, na busca de significados e interpretações dos fenômenos da natureza. Devendo atender a novas demandas educacionais, que sofrem modificações com a própria evolução da educação, dos conhecimentos ensinados e da produção tecnológica.

Frente a este enfoque, o processo de ensino aprendizagem de Física deve percorrer uma trajetória que venha a constituir um cenário de construção do conhecimento, como elemento de reflexão e de descrição representacional do mundo cotidiano.

2.2.1 A disciplina Física nos cursos superiores de Tecnologia e Engenharia do IFPB

A disciplina Física integra a grade curricular ofertada para estudantes do Ensino Superior do IFPB, nas áreas de Engenharia e Tecnologia no período 2012.2. Vinculada à Coordenação de Ciências Exatas, da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (CCNMT).

Trata-se de um curso de Física introdutório que tem como suporte o Cálculo Vetorial e o Cálculo Diferencial e Integral, conectado a um enfoque contextual advindos na maior parte dos conceitos da Mecânica Clássica. Sua ênfase maior está dirigida para se evitar concepções espontâneas e facilitar a estratégia de resolução de problemas, que utiliza tanto na sua aplicação, como no seu entendimento, o enfoque de modelos da Física.

Resumidamente, o seu objetivo é suprir as necessidades dos estudantes que ingressam no Ensino Superior, com uma apresentação clara e lógica dos conceitos, Leis e Princípios científicos da Física, necessários para a compreensão e uma ampla gama de aplicações no mundo real.

Esta disciplina tem ainda o papel de suprir a sobreposição da Física em outras disciplinas (interdisciplinaridade). E em cada curso atende a uma disciplina elencada às necessidades do cumprimento da componente curricular nos seus diversos eixos temáticos. Entretanto, existe uma tentativa deliberada para mostrar uma unidade da Física. Pois, a mesma conecta conceitos científicos às questões sociais interessantes, e a fenômenos naturais e a avanços tecnológicos, peculiares a diversas áreas de conhecimento.

Como fundamentação científica atual em sua dinâmica (enfoque evolucionário), alguns tópicos da Física Clássica são removidos. Podendo ser substituídos por alguns tópicos da Física de século XX, dos quais fazem parte a Mecânica Relativística, a Mecânica Estatística, a Física de Partículas e a Mecânica Quântica.

Ao longo desta Tese, o eixo temático escolhido a ser trabalhado foi o da Termodinâmica, nas vertentes, Gases Perfeitos, Primeira Lei da Termodinâmica, Mecanismo de Transferência em Processos Térmicos, Processos Reversíveis e Irreversíveis, a Máquina de Carnot, uma formulação alternativa da Segunda Lei da Termodinâmica, Entropia e Variações de Entropia. Incluindo um revestimento contextual voltado para a Mecânica Estatística e para a Mecânica Quântica, referenciando uma Interpretação Microscópica da Temperatura, a Equipartição da Energia, a Capacidade Térmica Molar de um Sólido, a Distribuição de Velocidades Moleculares, finalizando com a Distribuição de Velocidade de Maxwell- Boltzmann e vinculando o entendimento de Entropia, com as Relações de Desordem de um Sistema.

Um diferencial no design instrucional e nos aspectos pedagógicos destes cursos está voltado para as tendências atuais na Educação em Ciências. Onde se enfatizou como preferência metodológica, a introdução das ferramentas cognitivas computacionais. Oportunidade para os alunos adquirirem, avaliarem e aplicarem de forma virtual estes conhecimentos em estilos próprios e de forma construtivista.

Como exemplo disto, pode ser citada a Modelagem à luz do pensamento de Serway; Jewett (2004, p. 25), “um modelo é um substituto para o problema real que permite a você resolver o problema de uma maneira relativamente simples”.

Levando em consideração esses fatores chamou-se a atenção para a dinâmica da disciplina Física. Tanto em suas características pedagógicas, assim como, no seu papel de guia para o aprendiz compreender como a Física relaciona-se com questões, fenômenos e aplicações do cotidiano.

2.2.2 Aquisição e uso dos conceitos: bases teóricas e aspectos gerais

Dentro do campo das investigações a que se propôs o Trabalho de Tese, uma das temáticas mais desafiantes da Teoria do Conhecimento (na Filosofia) e da

Teoria da Cognição (na Psicologia) é relativa aos processos de formação e desenvolvimento dos conceitos pelo ser humano. Embora seja notória a dependência dos conceitos para a maioria dos atos cotidianos, interessam aqui apenas os questionamentos que surgem quando se trata de sua influência nos processos de ensino-aprendizagem no geral, e particularmente, nos referentes aos paradigmas da Física. Para isto, foi feita uma abordagem relacional específica sobre a aquisição e uso dos conceitos em suas nuances:

- Aquisição e uso dos conceitos em seus aspectos gerais;
- Aquisição e uso de conceitos na Teoria de David Ausubel;
- Construção dos conceitos da Física.

Foram encontradas assim, pistas para se desvelar um grande veio que permite a construção do conhecimento consoante, entre outros, com o pensamento ausubeliano: que é o de criar condições para que cada um se erga como produtor de sua própria prática (autoria do conhecimento do objeto) e que através do refinamento de sua estrutura cognitiva (pontes cognitivas para interagir o conhecimento prévio e os novos conhecimentos), alcancem a Aprendizagem Significativa.

Apesar dos conteúdos curriculares serem alvos visados no processo de ensino aprendizagem, faz-se necessário ressaltar que nesta proposta, o direcionamento está articulado em torno dos conteúdos conceituais da Física, tendo como eixo central a Termodinâmica.

De forma geral, a ideia de conceito está intimamente relacionada ao intelecto, à cognição, à consciência e ao conhecimento humano. De maneira sucinta, um conceito é uma explicação intelectual de algo, ou seja, uma externalização da estrutura cognitiva sobre coisas, fatos, eventos, de modo a modelar a realidade como a percebemos. Para Lipman (1995), um conjunto de informações relacionadas entre si e que formam um sentido, um significado, o qual produzido e armazenado na estrutura cognitiva de cada um e por cada um, se apodera na forma de parâmetros concretos ou abstratos, para explicar, compreender e modelar o mundo. Destacado ainda nas palavras de Ballone (2005, p. 2):

O característico do ato da compreensão diz respeito à vivência da iluminação interior, a síntese intelectual dos dados imediatos da consciência, súbita e unitariamente ordenados e estruturados de maneira específica.

Segundo o pensamento de Lipman (1995) é a posse dos conceitos que permite articulá-los no processo de pensar na forma de operações intelectuais, seja na forma de juízos, ou seja, na forma de encadeamentos destes juízos, como em explanações discursivas ou como em encadeamentos destes juízos em raciocínios/argumentos. Neste sentido, os conceitos se apresentam como ingredientes básicos para as operações mentais: “conjunto de ações internalizadas, organizadas e coordenadas, no que se refere às informações que recebemos de fontes externas e internas” (DEPRESBITERIS et al., 2004, p. 67). E a capacidade de exposição correta e clara sobre algo está calcada na formulação consciente dos conceitos existentes na estrutura cognitiva. Pense por exemplo na palavra *força* e mostra-se o conhecimento sobre força, ou mais precisamente, o conceito de força. O que resultaria seria um conjunto de aspectos que, reunidos e interligados na consciência da cada um, permitiria externalizar a compreensão, ou seja, a ideia de que se tem a respeito do que venha a ser força.

Nesta revisão acerca do tema Conceitos, não houve preocupação com os seus valores de verdade, deixando a cargo da Epistemologia, entretanto, em alguns casos restringiu-se a uma análise pormenorizada de sua aceitação pela comunidade científica.

De acordo com as concepções enunciadas referentes aos conceitos surge a necessidade de se implementar a prática educativa com metodologias ricas em atividades facilitadoras da construção dos conceitos.

Nesta perspectiva, o interesse volta-se para alguns questionamentos pertinentes à construção destes conceitos:

- 1) Como é possível construir um conceito de forma direta, isto é, através de experiências sensoriais?
- 2) Como os conceitos podem ser obtidos sem estarem em relação direta com os objetos?
- 3) Quais os pressupostos utilizados por Ausubel em sua Teoria de Aprendizagem (Aprendizagem Significativa) referentes à aquisição e uso dos conceitos?

Em uma primeira análise, atentou-se para o fato de que grande parte dos conceitos que se possui é obtida de forma direta (conceito psicológico ou particular). Construídos a partir das relações com objetos, situações, fatos, onde as atividades sensoriais (visuais, auditivas, olfativas, tácteis) captam infinitas informações provenientes do mundo exterior ao entorno, dentro de contextos diversificados por fatores culturais, sociais, físicos, influenciados por interesses específicos, temperamentos, nível de instrução e compreensão. Segundo Ballone (2005), a melhor compreensão sobre algo estaria associada à dependência do número de representações despertadas pelo ato perceptivo e a sucessão destas experiências sensoriais durante a vida, faz com que este conjunto de representações vá se tornando cada vez mais amplo, embora em ritmos diferenciados de indivíduo para indivíduo. E uma vez de posse dessas impressões provenientes dos estímulos do mundo exterior e armazenadas na estrutura cognitiva, o ser humano vai compondo o seu campo conceitual sobre as concepções acerca do que seja a realidade circundante.

Para Pozo (2009) “é um processo de compreensão gradual [...]. É praticamente impossível uma assimilação ótima (similar a que teria um especialista) na primeira vez que nos deparamos com um problema”. Cada novo ensaio, para uma mesma situação pode proporcionar uma nova compreensão do fenômeno, uma diferenciação progressiva e/ou uma reconciliação integrativa. Esta forma de construção do conhecimento está fortemente ligada ao fenômeno implícito no processo de assimilação ausubeliana. Este ponto de vista está esclarecido na TAS de David Ausubel.

2.3 CONSTRUTIVISMO COGNITIVISTA

A pretensão de uma base epistemológica que servisse de guia para esta Tese foi fundamentá-la à luz de um enfoque construtivista. Para isto, como forma de suporte para a construção dos conceitos científicos da Física, no eixo temático Termodinâmica, resgatou-se as contribuições voltadas para a construção do conhecimento como um processo mediado. Dando lugar à possibilidade de fixar as bases na convergência entre Teorias Construtivistas de Aprendizagem, currículo, aprendizes, mestres e contexto.

2.3.1 Teorias Construtivistas de Aprendizagem

Partindo do princípio de que não é possível dissociar qualquer Teoria de Aprendizagem de uma visão epistemológica (PIAGET, 1990; CARRETO, 1994; CHI; SLOTTA; LEEUW, 1994; GUTIERREZ; OGBORN, 1992) pretendeu-se ao longo de uma pesquisa bibliográfica, adentrar a este universo na busca de subsídios para uma prática educativa efetiva e eficaz. Para fundamentar este compacto recorreu-se a uma releitura da Teoria da Aprendizagem Significativa paradigma teórico metodológico de David Ausubel (1980). E subsequentemente, à visão cognitiva contemporânea de Johnson-Laird (1983). E finalmente, adentrou-se ao universo das similaridades com o construtivismo vygotskyano e piagetiano.

2.3.2 O que é a Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS)?

A origem da teoria da Aprendizagem Significativa está no interesse que Ausubel demonstrou em conhecer e explicar as propriedades e condições para todos e cada um dos detalhes que tornaram possível o processo de Aprendizagem Significativa, em uma perspectiva que trata a Psicologia Educativa como ciência aplicada. Para Ausubel, o conjunto dos resultados das experiências de aprendizagem de uma pessoa, em sua estrutura cognitiva está organizado em conglomerados hierarquizados de conhecimento, conteúdo total e organização de ideias no contexto de aprendizagem, em uma área particular de conhecimento. O modelo da estrutura cognitiva é igual à estrutura hierárquica de conceitos. É a estrutura cognitiva preexistente, o principal fator que influencia a aprendizagem subsequente, (PIAGET, 1990). Um aspecto notório da teoria ausubeliana é o seu caráter integrativo, a ponto de poder ser tratada como um construto subjacente. Isto é:

A Aprendizagem Significativa pode considerar-se uma ideia supra teórica que resulta compatível com distintas teorias construtivistas, tanto psicológicas como de aprendizagem, subjacente, inclusa nas mesmas. (PALMERO, 2004, p. 4).

Trata-se de uma teoria construtivista ou especificamente, que tem como base o construtivismo humanista (NOVAK; GOWIN, 1996). Onde o indivíduo é quem

constrói significados. Sendo considerada também psicológica, pois aborda os processos psicológicos e cognitivos que o aprendiz utiliza quando aprende significativamente, isto é, as condições requeridas para que a aprendizagem se produza; seus resultados e conseqüentemente sua avaliação. Formas efetivas e eficazes que a mente humana usa na construção e retenção do conhecimento. Enfim, o objetivo da mesma é destacar “os princípios que governam a natureza e as condições da aprendizagem escolar” (AUSUBEL, 1978, p. 31). Sem esquecer que , de forma integrada em seus referentes trata-se exclusivamente de uma teoria de aprendizagem, pois se ocupa com todos os elementos, fatores que pretendem dar conta dos mecanismos pelos quais se leva a cabo a “aquisição e a retenção dos grandes corpos de significados que se manejam na escola” (AUSUBEL, 1978, 1980, 2003). E que irão formar o vasto campo de conhecimento do aprendiz. Em síntese, a Aprendizagem Significativa “é uma teoria de aprendizagem porque essa é a sua finalidade.” (PALMERO, 2004, p.1).

Na perspectiva ausubeliana, Aprendizagem Significativa é o processo segundo o qual se relaciona o novo conhecimento ou informação (material potencialmente significativo) com a estrutura cognitiva de quem aprende, de forma não arbitrária, substantiva e não literal. Essa interação com a estrutura cognitiva (aspectos relevantes presentes na mesma, que recebe o nome de subsunçor ou ideia-âncora) não se produz considerando-a como um todo, mas sim com os subsunçores disponíveis que servem de ideias-âncora para os novos conhecimentos (AUSUBEL, 1978, 1980, 2003; MOREIRA, 1985, 2001).

A presença de ideias, conceitos ou proposições inclusivas, claras e disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz e os novos conhecimentos relacionáveis com as mesmas, é que dota de significado a interação entre os novos conhecimentos e os subsunçores. Porém, para Moreira (2001) não se trata de uma simples união, pois tanto os novos conhecimentos, como os novos significados vão adquirir nesta interação, um novo significado para o sujeito, produzindo assim uma transformação tanto dos subsunçores, como dos novos conhecimentos, que resultam assim progressivamente, mais diferenciados, elaborados e estáveis. Em síntese, a Aprendizagem Significativa em que o conhecimento adquirido,

é o produto significativo de um processo psicológico cognitivo, (conhecer) que supõe a interação entre umas ideias logicamente (culturalmente) significativas, umas ideias de fundo (de ancoragem) pertinentes à estrutura cognitiva (ou na estrutura de conhecimento), da pessoa concreta que aprende e a atitude mental desta pessoa em relação com a aprendizagem significativa ou a aquisição e retenção de conhecimentos. (AUSUBEL, 2003).

Entretanto, para que este processo se efetive, algumas condições (externas e internas) devem ser satisfeitas. Tomando como base o aprendiz, Ausubel; Novak; Hanesian (1980, p. 522) dá destaque a três condições. Uma delas, “é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária, o novo material, potencialmente significativo, a sua estrutura cognitiva”.

Esta condição implica que, independentemente de quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for simplesmente a de memorizá-lo, arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos (ou automáticos).

Grande parte dos educadores entende isto como sendo a motivação para a Aprendizagem Significativa, mas em recente trabalho Galagovski (2004) questiona este posicionamento, considerando esta atribuição errônea e por demais simplória. Pois este não é o sentido que lhe tem atribuído Ausubel, onde a condição necessária é muito mais que uma motivação, requer uma atitude significativa de aprendizagem (aspectos mais abrangentes). Ainda tendo como referencial o aprendiz, a outra condição refere-se aos subsunçores disponíveis na sua estrutura cognitiva, destacada na tão citada afirmativa ausubeliana:

Se tivéssemos que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diríamos: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isto e ensine-o [...] tanto o conteúdo substantivo da estrutura de conhecimento do indivíduo quanto suas propriedades organizacionais principais no campo de conhecimento particular num determinado momento são o principal fator que influencia a Aprendizagem Significativa e a retenção num mesmo campo. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 137).

Embora pareça, esta afirmação não é tão óbvia como se poderia pensar. Ela requer uma análise mais profunda e até mesmo um olhar para os componentes curriculares. Segundo Pozo (1996, p. 2) os mesmos:

Se vão estruturando cada vez mais em torno de disciplinas específicas e menos de acordo com as características e necessidades dos alunos, atendendo a critérios meramente disciplinares ou acadêmicos tendo em conta a especialização crescente do conhecimento científico. Com escassas considerações para as variáveis psicológicas que podem afetar a essa aprendizagem.

Ausubel já chamava a atenção para este ponto, ao afirmar que não se pode desenvolver uma Aprendizagem Significativa com uma organização do conteúdo escolar, linear e simplista.

A terceira condição é referente à maneira de como o material a ser apresentado ao aprendiz deva ser potencialmente significativo, isto é, “a oferta de um novo conhecimento estruturado de maneira lógica” (TAVARES, 2004, p. 56), que seja potencialmente relacionável, à estrutura cognitiva de quem aprende, de maneira não arbitrária e substantiva.

2.3.3 Paradigma Teórico-metodológico da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

Ao longo da fundamentação teórica desse trabalho, preocupou-se com a aprendizagem escolar, ou mais precisamente com aquela que se destina à construção e uso do conhecimento, ao nível do que versa nas propostas curriculares, tendo como universo prioritário o conhecimento científico. Portanto, foi ressaltada a intencionalidade de apropriação de uma teoria de aprendizagem que traga na sua íntegra, contribuições significativas para a aprendizagem destes conhecimentos. No caso, os contemplados com os diversos eixos temáticos da Física, ou em uma direção mais particular (restrita a investigação), os conceitos da Física que irão compor uma das lacunas (extensão, retenção) da estrutura cognitiva do aprendiz.

Nesta perspectiva, algumas reflexões prévias foram feitas, como forma de orientar a opção pela escolha de uma teoria de aprendizagem que desse a fundamentação necessária para a resposta a algumas perguntas:

- Quais os mecanismos que contribuem para a construção e a retenção, pelo aprendiz, dos grandes campos conceituais, que são desenvolvidos no ambiente escolar?

- Como se processa a construção do conhecimento nos ambientes de aprendizagem escolar?
- Como tornar a aprendizagem desenvolvida pelo aprendiz em um processo dinâmico?
- Qual a teoria de aprendizagem que mais contempla o objetivo proposto?

Supostamente, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel leva a um universo onde possivelmente se podem clarificar as respostas precisas a estas indagações. Portanto, ao longo da pesquisa seguiu-se a trajetória da teoria ausubeliana e os diversos trabalhos que contribuíram para o seu enriquecimento e a facilitação de seu entendimento e aplicabilidade, que se efetivaram ao longo dos quarenta e dois anos (1963-2005) de sua presença entre os profissionais da educação, principalmente para aqueles que se dedicaram, segundo Palmero (2004, p. 1),

em se aprofundar na mesma de maneira que a aprendamos significativamente, para com isto lograr que as aprendizagens que pretendemos de nossos estudantes, relativas aos conteúdos científicos e contextualmente válidos, sejam realmente significativas.

Desta forma, foi feito um resgate de alguns princípios e mecanismos que elucidaram a forma de aquisição e retenção do conhecimento pelos aprendizes, em um processo que se centra em uma aprendizagem gerada em um contexto escolar.

2.3.4 Tipos de Aprendizagem Significativa

Ausubel distingue três tipos de Aprendizagem Significativa: representacional, de conceitos e proposicional.

A aprendizagem representacional é o tipo mais básico de Aprendizagem Significativa, da qual as demais dependem. Envolve a atribuição de significados a determinados símbolos (tipicamente palavras), isto é, a identificação e significado de símbolos com seus referentes (objetos, eventos, conceitos). Os símbolos passam a significar para o indivíduo aquilo que seus referentes significam.

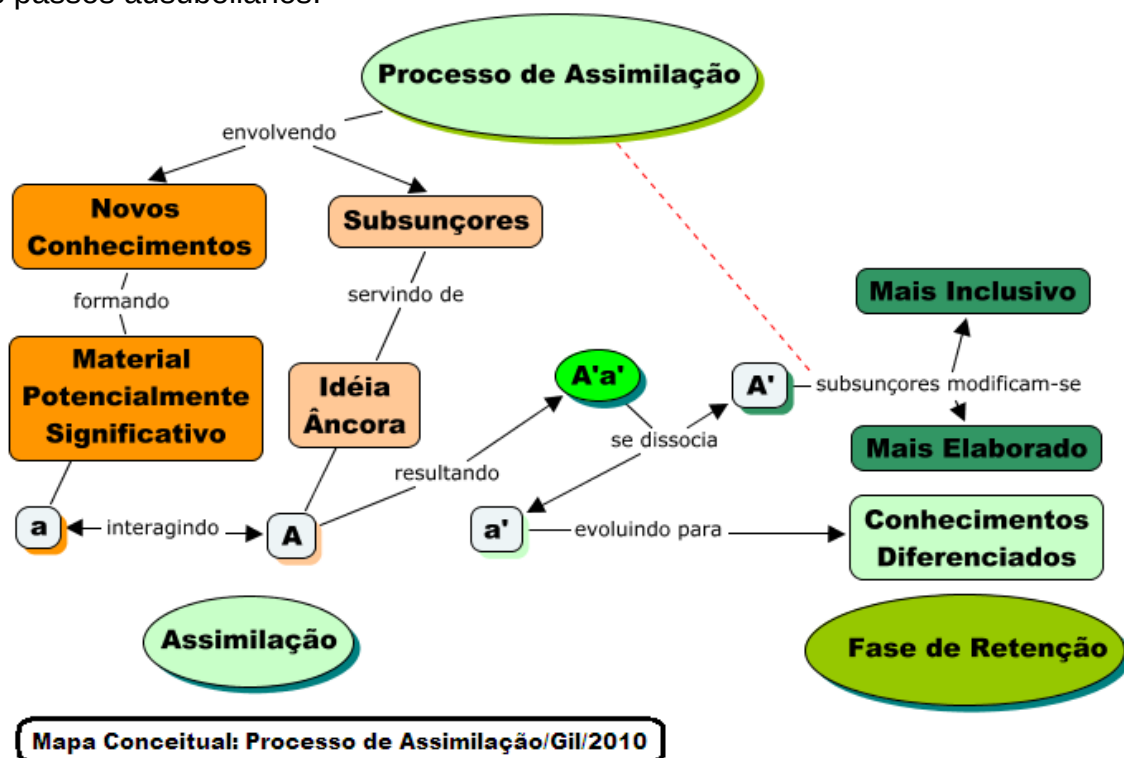
A aprendizagem de conceitos é de certa forma, uma aprendizagem representacional, pois conceitos são também representados por símbolos

particulares, porém são genéricos ou categóricos, representam abstrações dos atributos essenciais dos referentes, isto é, representam regularidades em eventos ou objetos.

Na aprendizagem proposicional, contrariamente à aprendizagem representacional, a tarefa não é aprender significativamente o que as palavras isoladas ou combinadas representam, e sim aprender o significado de ideias em forma de proposição. De um modo geral, as palavras combinadas em uma sentença para construir uma proposição representam conceitos. A tarefa, no entanto, também não é aprender o significado dos conceitos (embora seja pré-requisito), e sim o significado das ideias expressas verbalmente através desses conceitos, sob a forma de uma proposição. Ou seja, a tarefa é aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição.

Para tornar mais claro e preciso o processo de aquisição e organização de significados (conceitos) na estrutura cognitiva, Ausubel propôs o “Processo de Assimilação”. Aspectos que segundo ele, possui valor explanatório tanto para a aprendizagem, como para a retenção do conhecimento. O processo de assimilação pode ser representado esquematicamente conforme o descrito na figura 8:

Figura 8 – Mapa Conceitual do Processo de assimilação do conhecimento seguindo os passos ausubelianos.



Fonte: Dados da pesquisa.

Para compreender melhor o princípio da assimilação do conhecimento , Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, pp. 104-111) citam:

*Quando uma nova ideia **a** é aprendida significativamente e relacionada à ideia relevante estabelecida **A**, tanto as ideias são modificadas como **a** é assimilada pela ideia estabelecida **A** [...] formando o produto da interação **A' a'** [...] como observamos anteriormente, tanto a ideia potencialmente significativa **a**, quanto à ideia estabelecida **A**, à qual ela se apoia, sofrem transformações através do processo interacional [...] neste novo produto interacional, **A' a'**, não perdem completamente sua identidade, uma vez que o equilíbrio da dissociação, $A' a' \leftrightarrow A' + a'$ é estabelecido de tal forma que **a'**, depende do das condições dominantes, tem um determinado grau de dissociação enquanto que uma entidade identificável [...] o grau original da força dissociativa de **a'**, após a Aprendizagem Significativa, varia de acordo com fatores como a relevância da ideia básica **A**, a estabilidade e clareza de **A**, e a extensão em que **A** é discriminável do material de aprendizagem (ou seja, de **a**).*

Assim, se ao final de um curso os aprendizes considerarem o material instrucional bem organizado, isto se deve ao fato de que os significados dos novos conceitos e proposições foram desenvolvidos de forma a facilitar a assimilação na aquisição, fixação e organização destes em sua estrutura cognitiva. O processo enfatizado no qual a nova informação adquire significado através da interação com subsunçores, reflete uma relação de subordinação do novo material em relação à estrutura cognitiva preexistente. A este tipo de aprendizagem dá-se o nome de subordinada. Por outro lado, a aprendizagem superordenada é a que se dá quando um conceito potencialmente significativo A, mais geral ou inclusivo do que ideias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva a, b e c, são adquiridos a partir destes e passa a assimilá-los. “Em outras palavras, à medida que ocorre Aprendizagem Significativa, além da elaboração dos conceitos subsunçores é também possível à ocorrência de interações entre esses conceitos” (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 20).

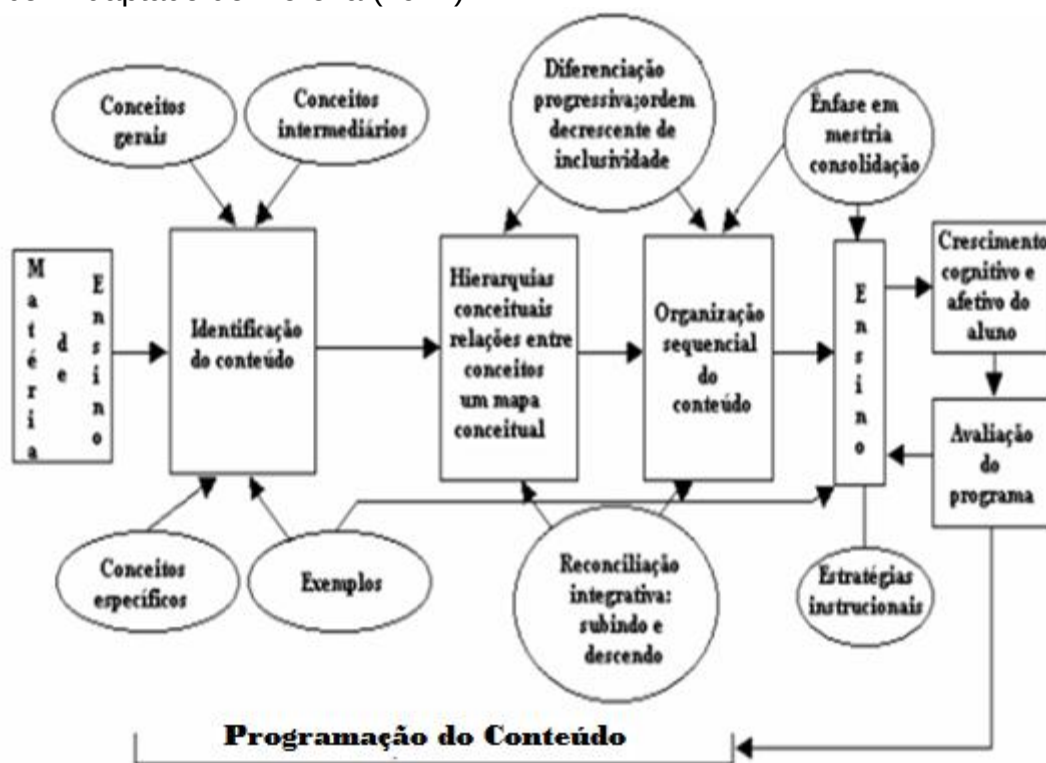
Outra possibilidade é a aprendizagem combinatória, que por sua vez é a aprendizagem de proposições e, em menor escala, de conceitos que não guardam uma relação de subordinação ou superordenação com proposições ou conceitos específicos e sim, com conteúdo amplo, relevante de uma maneira geral, existente na estrutura cognitiva. Isto é, “a nova proposição não pode ser assimilada por outras já estabelecidas na estrutura cognitiva nem é capaz de assimilá-las”. (MOREIRA,

1985, p. 68). É como se a nova informação fosse potencialmente significativa por ser relacionável à estrutura cognitiva como um todo, de uma maneira geral, e não com aspectos específicos dessa estrutura como ocorre na aprendizagem subordinada e mesmo na superordenada.

2.3.5 Quatro princípios básicos para programar a instrução: Diferenciação Progressiva, Reconciliação Integrativa, Organização Sequencial e Consolidação

A investigação do conhecimento disciplinar, assim como a organização do conteúdo, resulta em uma das variáveis do processo de aprendizagem. Para Ausubel; Novak; Hanesian (1980), Moreira; Masini (1982), Palmero (2004), a programação do conteúdo de uma disciplina encaminhada à construção da Aprendizagem Significativa por aprendizes tem de levar em conta quatro princípios básicos: diferenciação progressiva, reconciliação integrativa, organização sequencial e consolidação, disponibilizados na Figura 9:

Figura 9 - Um modelo para planejar a instrução, consistente com a Teoria de David Ausubel. Adaptado de Moreira (1977).



Fonte: Dados da pesquisa.

À medida que a Aprendizagem Significativa ocorre, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações. Para Moreira; Masini (1982, p. 21):

Do ponto de vista ausubeliano, o desenvolvimento de conceitos é facilitado quando os elementos mais gerais, mais inclusivos de um conceito são introduzidos em primeiro lugar e, posteriormente então, este é progressivamente diferenciado, em termos de detalhe e especificidade.

Processo este, denominado por Ausubel, como o princípio da diferenciação progressiva. Para ele, este deve ser levado em conta ao se programar o conteúdo, isto é, as ideias mais gerais e mais inclusivas da disciplina devem ser apresentadas no início para, somente então, serem progressivamente diferenciadas em seus aspectos específicos. Ao propor isso, Ausubel; Novak; Hanesian (1980, p. 159) basearam-se em duas hipóteses:

a) É menos difícil para os seres humanos compreender os aspectos diferenciados de um todo previamente aprendido mais inclusivo, do que formular o todo inclusivo a partir das suas partes diferenciadas previamente aprendidas;

b) No indivíduo, a organização do conteúdo de uma disciplina particular, consiste de uma estrutura hierárquica na sua própria mente. As ideias mais inclusivas ocupam uma posição no topo desta estrutura e abrangem proposições, conceitos e dados factuais progressivamente menos inclusivos e mais diferenciados.

Entretanto, a programação do conteúdo deve não só proporcionar a diferenciação progressiva, mas também explorar, explicitamente, relações entre proposições e conceitos, chamar atenção para diferenças e similaridades importantes e reconciliar inconsistências reais ou aparentes. Isso deve ser feito para atingir o que Ausubel chama de reconciliação integrativa, e que ele descreve como uma antítese à prática usual dos livros-texto em separar ideias e tópicos em capítulos e seções.

Segundo Moreira; Masini (1982, pp. 21- 22) a diferenciação progressiva é o princípio pelo qual o assunto deve ser programado de forma que as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina sejam apresentadas antes e, progressivamente diferenciadas, introduzindo os detalhes específicos necessários. Essa ordem de apresentação corresponde à sequência natural da consciência, quando um ser

humano é espontaneamente exposto a um campo inteiramente novo do conhecimento.

A reconciliação integrativa é o princípio pelo qual a programação do material instrucional deve ser feita para explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças significativas, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes. A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são, portanto, processos que resultam e que ocorrem simultaneamente com a Aprendizagem Significativa, bem caracterizando a dinamicidade da proposição ausubeliana. Estes detalhes são pontos chave para a preparação dos objetos de aprendizagem que não podem ficar alheios à ideia das “hierarquias conceituais”. Desta forma, objetivando facilitar a Aprendizagem Significativa por parte dos aprendizes, dos conteúdos que estão sendo estudados, deve-se nortear a estrutura da própria matéria de ensino, para que os conceitos possam ser adquiridos por diferenciação progressiva e/ou reconciliação integrativa.

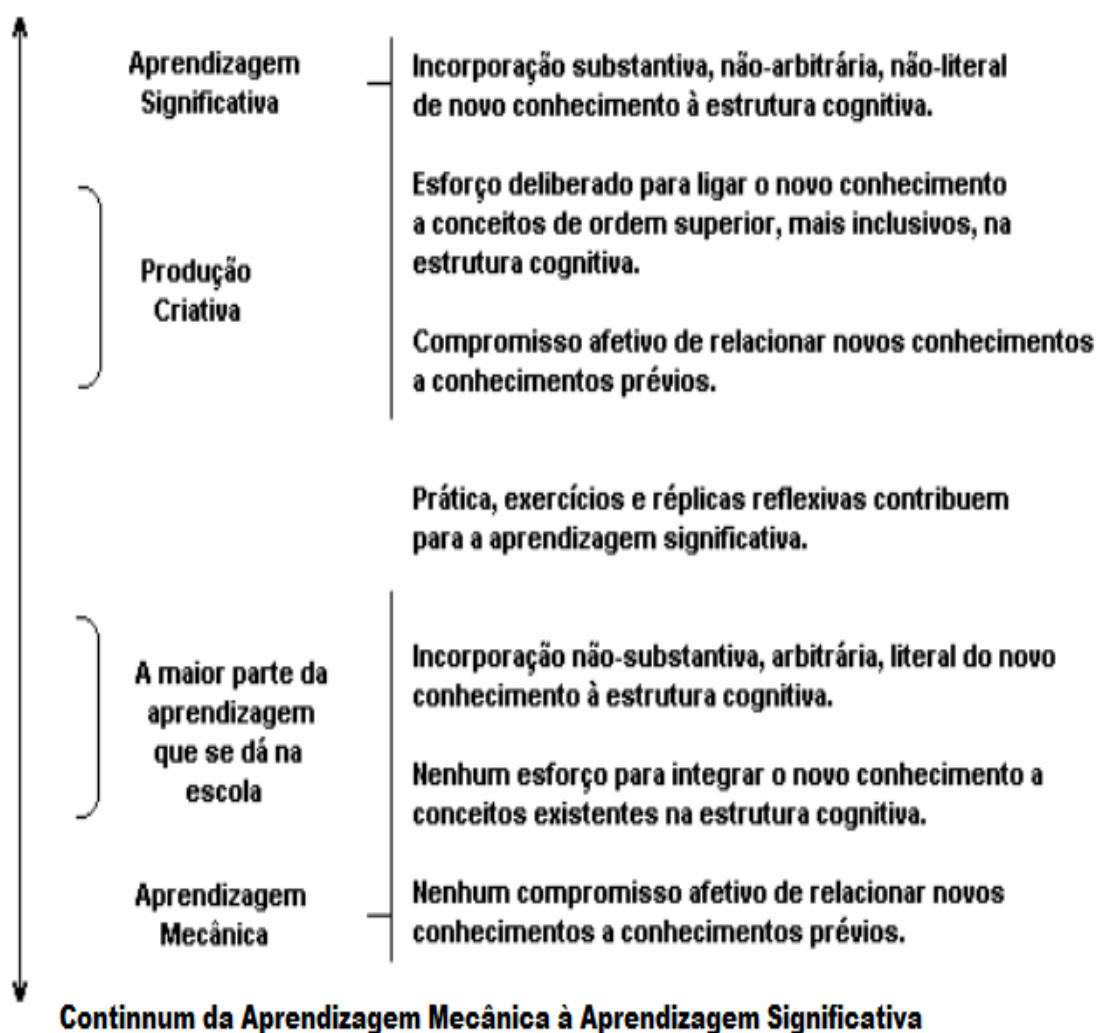
Ao tratar da organização sequencial, Ausubel; Novak; Hanesian (1980, p. 25) argumentam que “uma forma clara de classificarmos as variáveis da aprendizagem é dividi-las em categorias intrapessoais (fatores internos do aluno) e situacionais (fatores na situação de aprendizagem)”. A disponibilidade de ideias-âncora relevante para o uso na aprendizagem verbal significativa e na retenção pode, obviamente, ser maximizada ao tirar-se partido das dependências sequenciais naturais existentes na disciplina e do fato de que a compreensão de um dado tópico pressupõe, frequentemente, o entendimento prévio de algum tópico relacionado. Além disso, Ausubel argumenta também que, insistindo na consolidação ou mestria do que está sendo estudado, antes que novos materiais sejam introduzidos, assegura-se contínua prontidão (*readiness*) na matéria de ensino e sucesso na aprendizagem sequencialmente organizada.

2.3.6 Aprendizagem Mecânica, por Descoberta e por Recepção

Contrastando com a Aprendizagem Significativa, Ausubel define aprendizagem mecânica (*rotelearning*) como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes na estrutura cognitiva. Neste caso, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária; não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada. O

conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva do aprendiz sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. A aprendizagem de pares de sílabas é um exemplo típico de aprendizagem mecânica. Porém, a simples memorização de fórmulas, leis e conceitos em Física, pode também ser tomada como exemplo, embora se possa argumentar que algum tipo de associação ocorrerá neste caso. Na verdade, Ausubel não estabelece a distinção entre Aprendizagem Significativa e Mecânica como sendo uma dicotomia, e sim, como um *continuum*, como mostra a Figura 10.

Figura 10 – Matriz unidimensional do *Continuum* da Aprendizagem Mecânica à Aprendizagem Significativa.



Fonte: Dados da pesquisa.

Da mesma forma, essa distinção não deve ser confundida com a que há entre aprendizagem por descoberta e aprendizagem por recepção. Segundo Ausubel, na

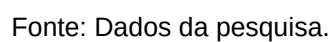
aprendizagem por recepção, o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final. Enquanto que na aprendizagem por descoberta, o conteúdo principal a ser aprendido é descoberto pelo aprendiz. Entretanto, após a descoberta em si, a aprendizagem só é significativa, segundo a concepção ausubeliana, se a nova informação incorporar-se de forma não arbitrária à estrutura cognitiva do aprendiz.

2.3.7 Aprendizagem Significativa: da visão cognitiva clássica à visão cognitivista contemporânea (um aporte epistemológico)

O objetivo deste item é o de destacar de um modo resumido e esquemático, distintas visões da Aprendizagem Significativa. O tema é abordado de maneira histórica e prospectiva. E foi dado destaque inicialmente, para a visão clássica de Ausubel no pensamento de Moreira (2007) e subsequentemente, à cognitiva contemporânea na visão de Johnson-Laird (1983).

- **Visão Cognitiva Clássica**

A perspectiva da visão cognitiva clássica da Aprendizagem Significativa é a proposta por David Ausubel na década de 1960 e por ele renovada nos anos 2000 e 2003. O núcleo firme dessa perspectiva é a interação cognitiva, não arbitrária e não literal entre o novo conhecimento, potencialmente significativo e algum conhecimento prévio especificamente relevante. Os chamados subsunçores, existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Sua esquematização está proposta no Mapa Conceitual da Figura 11.



A Teoria da Aprendizagem de Ausubel propõe-se lançar as bases para a compreensão de como o ser humano constrói significados, e deste modo indicar caminhos para a elaboração de estratégias pedagógicas que facilitem uma aprendizagem significativa.

David Ausubel defende em sua Teoria um novo modelo de aprendizagem. Paralelamente às tendências gerais do desenvolvimento cognitivo, a aprendizagem torna-se gradualmente ascendente. Dando lugar a assimilação dos conceitos e proposições em proporções crescentes particularizadas por cada contexto.

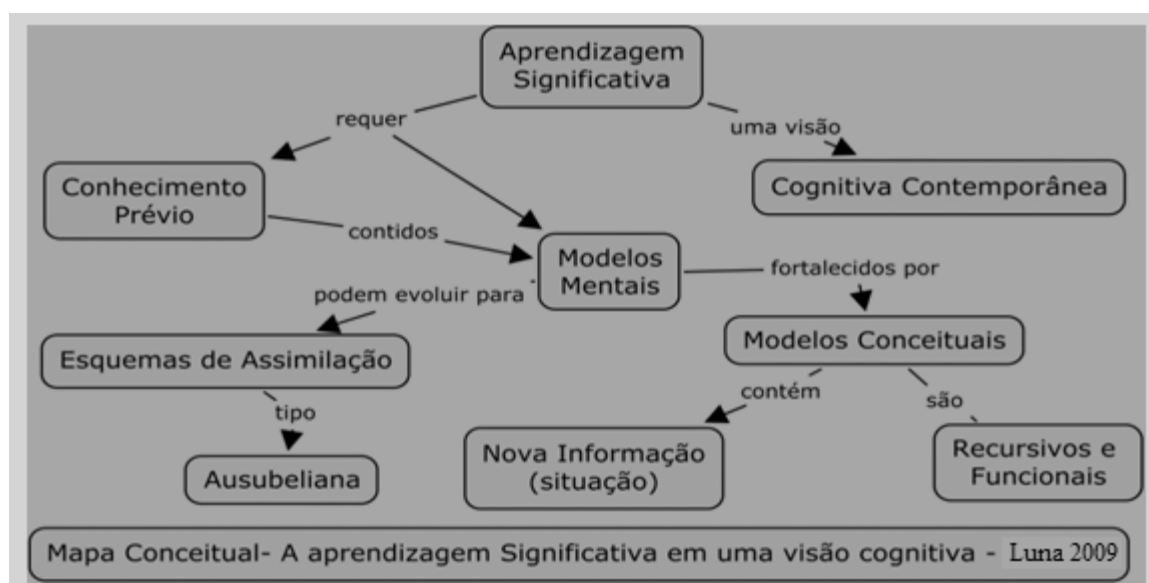
Na visão clássica, aquilo que o aprendiz já sabe é o mais importante fator isolado que influencia a aprendizagem. À medida que a aprendizagem ocorre, conceitos são assimilados, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações. Ausubel destaca em sua teoria dois princípios fundamentais: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Na diferenciação progressiva, a instrução deve ser programada de forma que as ideias mais gerais e inclusivas referentes a um determinado eixo temático sejam apresentadas antes e progressivamente diferenciadas. Segundo Moreira (1982), essa ordem de apresentação corresponde à sequência natural da consciência humana. Por outro lado, a reconciliação integrativa resulta na delineação explícita de semelhanças e diferenças entre ideias relacionadas. Parte importante do processo, como uma fonte de status obtida, na qual tanto a experiência prévia, como os componentes da nova situação podem ser reorganizados, recombinações e transformados para um uso bem sucedido na solução de problemas.

- Visão Cognitiva Contemporânea

A ideia clássica de Ausubel de assimilação é citada como a essência da Aprendizagem Significativa e é sem dúvida, muito apropriada. Contudo, ela pouco diz sobre como ocorre essa interação. Neste sentido, destacou-se um aporte complementar configurado na visão de Jonhson-Laird (1983). Suas bases constitutivas estão referenciadas no Mapa Conceitual da Figura 12.

Figura 12 – Mapa Conceitual da Aprendizagem Significativa na visão cognitiva contemporânea.



Fonte: Dados da pesquisa.

A Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird (1983) pode ser considerada como um aporte à ideia clássica de Ausubel de interação. A mesma oferece uma explicação de como ocorre essa interação. Neste sentido, frente a um novo conhecimento, uma nova situação, a primeira representação mental que o sujeito constrói em sua memória de trabalho é um modelo mental, um análogo estrutural desta situação (GRECA, I.; MOREIRA, M. A., 1996). Em determinadas condições, essa representação pode se estabilizar e evoluir até um esquema de assimilação. A construção de um modelo mental pode ser vista como o primeiro passo para uma aprendizagem significativa. Por outro lado, a modelagem mental é recursiva, de modo que, o modelo mental pode ser modificado quantas vezes forem necessárias, ao longo da negociação. No pensamento de Moreira (2007), o mesmo passa a ser de fato um passo essencial para a aprendizagem significativa podendo, até mesmo, evoluir para um esquema de assimilação.

Em sua Teoria de Modelos Mentais, Johnson-Laird (1983) sugere que as pessoas raciocinam com modelos mentais. Como quaisquer outros modelos, eles representam o objeto ou a situação em si. Entretanto, para que o aprendiz construa modelos mentais consistentes com os sistemas físicos modelados, é necessária a construção de modelos conceituais, que servirão como fonte adequada (com poder explicativo e preditivo) da informação a ser assimilada. Os modelos conceituais são

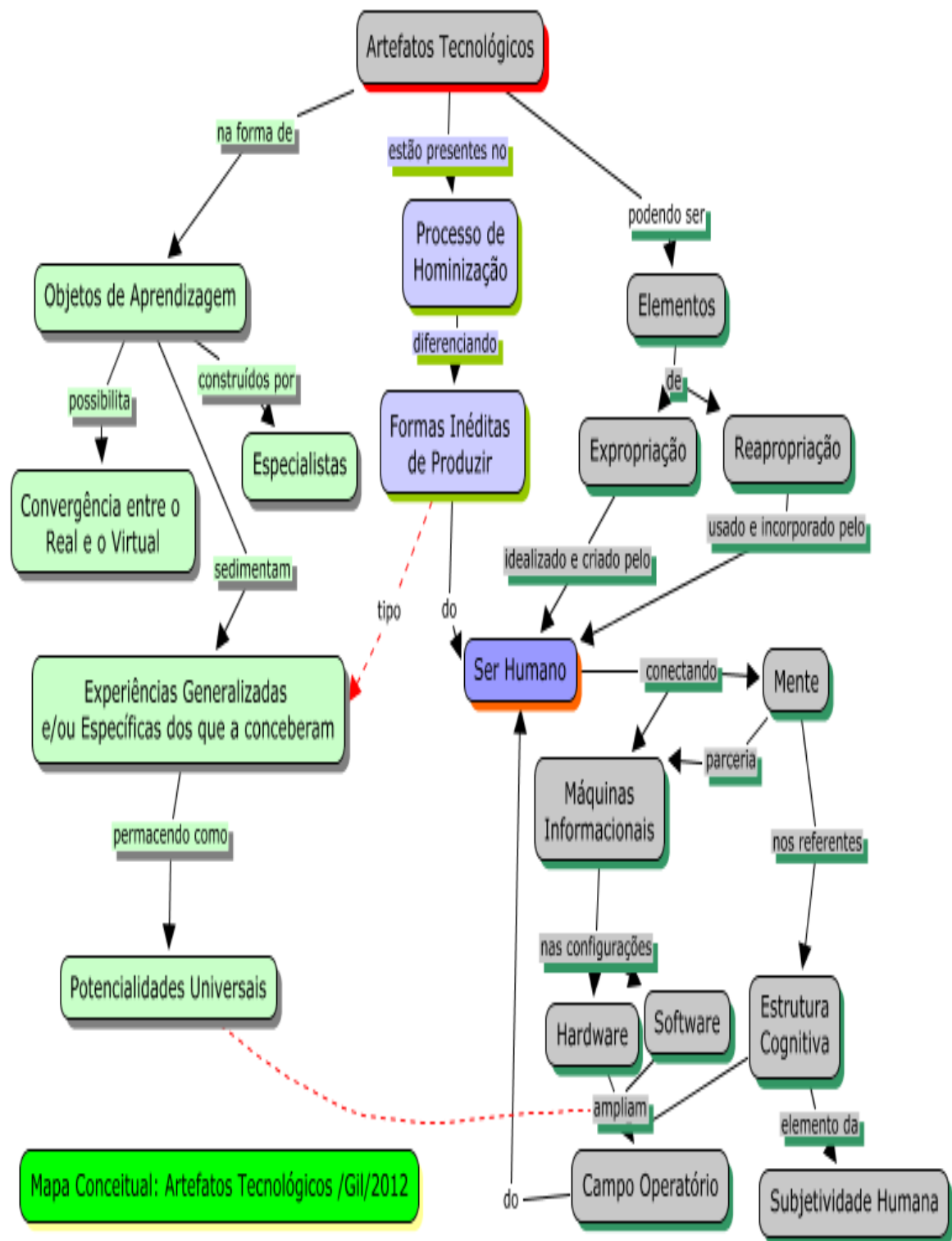
modelos precisos, consistentes, dinâmicos e devem ser atendíveis, funcionais e utilizáveis.

O objetivo do ensino por meio de modelos conceituais é levar o aprendiz a formar modelos mentais adequados, isto é, consistentes com os próprios modelos conceituais, que se transformarão na informação precisa internalizada dos sistemas físicos.

2.4 FERRAMENTAS COGNITIVAS COMPUTACIONAIS

No atual estágio do desenvolvimento humano, o processo de ensino-aprendizagem e sua análise associada aos processos cognitivos, tem ocupado um pico nas matrizes históricas e cognitivas. É notório o ascendente desenvolvimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Dentro desta teia fabulosa de possibilidades, foi possível detectar alguns vínculos que possibilitaram sua implementação na realidade espaço-temporal, em contextos referentes às novas metodologias educacionais. Perspectivas que foram atreladas a ações concretas e propostas alternativas, que foram implementadas em sala de aula. “De modo a utilizar o computador como artefato cognitivo, ferramenta para auxiliar na construção do conhecimento em um curso de Física” (TAVARES; LUNA, 2005, p. 33). Condicionando não apenas o *fazer para*, mas o *fazer com*, em um processo que envolve a aprendizagem e seus agentes formadores: aprendiz, professor, conhecimento, pensamento crítico e criativo, ação instrumental, englobando interações cooperativas e colaborativas, engajamento e diálogo, além de priorizar os princípios básicos da conexão, da heterogeneidade e da pluralidade (PARENTE, 1999, p. 98). A ausência de uma ideia prescrita ou modelo normativo linear, implementados com o uso e a construção dos objetos de aprendizagem, seguindo o estilo de Novak; Gowin (1996). Assumindo fundamentalmente a ideia de que o indivíduo é o agente ativo da construção do seu conhecimento. Isto é, ele constrói significados e define o sentido e a representação da realidade, de acordo com suas experiências vivenciais em diferentes contextos. Portanto, um dos objetivos foi dotar o aprendiz de estratégias mentais que lhe possibilitaram compreender não só qual é o objeto de conhecimento, mas como construí-lo. Nesta direção apresentou-se o Mapa Conceitual na Figura 13, com alguns enfoques teóricos que permeiam a utilização destes artefatos cognitivos.

Figura 13 – Mapa Conceitual estruturado dos artefatos cognitivos.



Fonte: Dados da pesquisa.

2.4.1 Objetos de Aprendizagem como um recurso do processo de ensino aprendizagem

Define-se Objeto de Aprendizagem como um recurso (ou ferramenta cognitiva) auto consistente do processo ensino aprendizagem. Isto é, não depende de outros objetos para fazer sentido; podendo ser entendidos como componentes ou unidades instrucionais, reutilizáveis e exclusivamente digitais, alinhadas aos objetivos educacionais propostos intencionalmente, com o intuito de estimular, apoiar ou otimizar o processo de ensino-aprendizagem de aulas, presenciais, à distância ou híbridas, em ambientes informatizados (RIVED – Brasil - 2005).

O Objeto de Aprendizagem pode ainda ser compreendido como “qualquer recurso digital que possa ser reutilizado para o suporte de ensino” (WILEY, 2000, p.3). Os estudos sobre os Objetos de Aprendizagem são recentes, de forma que não há um consenso universalmente aceito sobre sua definição. A definição de Objetos de Aprendizagem ainda pode ser considerada vaga, não existe um conceito que seja universalmente aceito. (MUZIO et al, 2001, p.2).

Segundo a terminologia adotada pelo *Learning Technology Standards Committee (LTSC) do Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*:

Objetos de aprendizagem são definidos como uma entidade, digital ou não digital, que pode ser usada e reutilizada ou referenciada durante um processo de suporte tecnológico ao ensino e aprendizagem. Exemplos de tecnologia de suporte ao processo de ensino e aprendizagem incluem aprendizagem interativa, sistemas instrucionais assistidos por computadores inteligentes, sistemas de educação à distância, e ambientes de aprendizagem colaborativa. Exemplos de objetos de aprendizagem incluem conteúdos de aplicações multimídia, conteúdos instrucionais, objetivos de aprendizagem, ferramentas de software e software instrucional, pessoas, organizações ou eventos referenciados durante o processo de suporte da tecnologia ao ensino e aprendizagem. (LONGMIRE, 2001).

O Objeto de Aprendizagem pode ser utilizado como uma ferramenta que permite ao professor adentrar com maior facilidade ao mundo de interesse dos alunos. Isto é, propiciar uma nova forma de transmissão da informação, mais colaborativa e com maior interação do aluno, facilitadora da construção do conhecimento científico. A passagem do conhecimento deixa de ser unilateral e o aluno passa a ter um papel mais ativo no processo. No processo de aprendizagem, os alunos passam por várias etapas: relacionam novos conhecimentos com as que

já sabiam , fazem e testam hipóteses, pensam onde aplicar o que estão aprendendo, expressam-se por meio de varias linguagens, aprendem novos métodos, novos conceitos, aprendem a serem críticos sobre os limites de aplicação dos novos conhecimentos. Segundo Longmire (2001) “há diversos fatores que favorecem o uso dos Objetos de Aprendizagem na área educacional como: a flexibilidade, a facilidade para atualização, a customização, a interoperabilidade, o aumento do valor de um conhecimento e a facilidade de indexação e procura.” Os mesmos podem ser criados em qualquer mídia ou formato, podendo ser simples como uma animação ou uma apresentação de *slides*, ou complexos como uma simulação. Segundo Bettio; Martins (2004) “não há um limite de tamanho para um Objeto de Aprendizagem, porém, existe o consenso de que ele deve ter um propósito educacional definido, um elemento que estimule a reflexão do estudante e que sua aplicação não se restrinja a um único contexto”. Ressalte-se que os utilizados neste trabalho foram elaborados pelo NOA (Núcleo de Construção de Objetos de Aprendizagem) com a colaboração de três subequipes: a pedagógica, a tecnológica e a de *design*, buscando um objetivo comum, cada uma contribuindo com sua especialidade. tem base na proposta metodológica do projeto RIVED: elaboração de *design*, roteiros, produção do próprio objeto de aprendizagem e guia do professor. A construção desses objetos de aprendizagem foi referendada pelo MEC e pela SEED. E desenvolvida através da plataforma *Macromedia Flash Professional 8.0* e requer que o usuário disponha de um *plug-in Adobe Flash Player 8.0*. Este *plug-in* pode ser encontrado e rapidamente instalado em sua máquina a partir do site www.adobe.com. Seu desenvolvimento visa o menor recurso computacional possível, o que permite aos computadores de menor desempenho executar perfeitamente este aplicativo educacional.

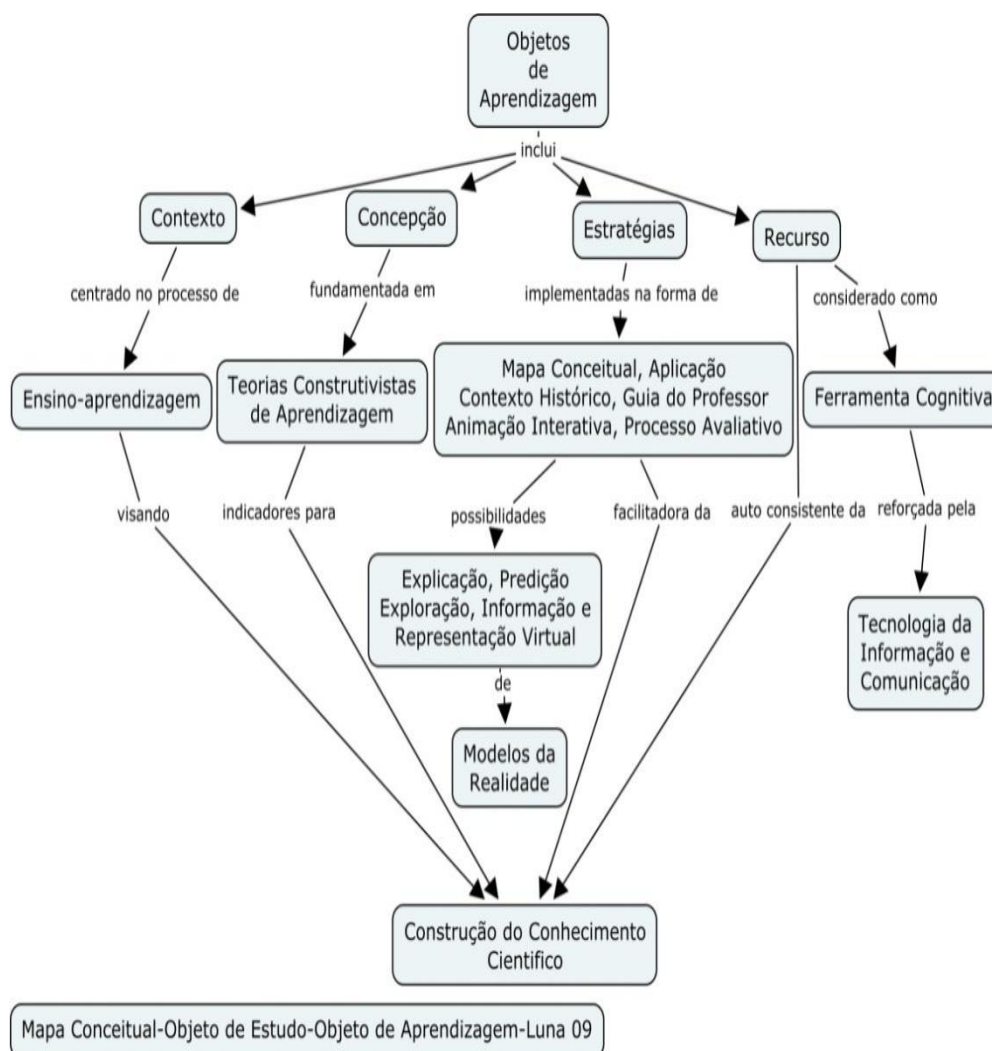
Qual a razão de se criar uma aula específica, se alguém, talvez um especialista renomado, já executou esse mesmo trabalho anteriormente? Por que não partilhar com outras pessoas o trabalho que já tenha sido feito?

Os materiais referenciados constituem um rico instrumental significativamente adequado para atender aos fins e meios para os quais foram produzidos. Técnicos, para reprodução virtual dos fenômenos naturais e semióticos para agirem sobre os outros e sobre si mesmo. Essa dimensão semiótica permite a socialização de seu acesso e faz dele um objeto de conhecimento, que permite evocar na mente de quem o usa a ação e a finalidade a qual se destina. Diante das potencialidades desses repositórios, professores e aprendizes poderão apropriar-se e utilizá-los de

forma eficaz e eficiente. Tornando-se facilitadores da aprendizagem significativa e da construção do conhecimento de seus aprendizes, partícipes do processo de ensino-aprendizagem.

Como forma de detalhar sistematicamente a construção e uso da ferramenta denominada Objeto de Aprendizagem disponibilizou-se um Mapa Conceitual descrito na Figura 14.

Figura 14 – Mapa Conceitual dos Objetos de Aprendizagem: hierarquia básica de trabalho na preparação e aplicação desta ferramenta.



Fonte: Dados da pesquisa.

A intenção do objeto de aprendizagem descrito anteriormente é proporcionar o primeiro encontro do estudante com o conteúdo a que ele se refere. Sua interface Mapa Conceitual propicia a percepção verbal e visual das relações hierárquicas entre os principais conceitos do tema considerado. A interface Animação Interativa possibilita a visualização do fenômeno como ele se apresenta na natureza, de acordo com a teoria científica que tenta explicá-lo. Saliente-se neste ponto, o pensamento de Roy; Chi (2005), para o seu caráter autoexplicativo, isto é, que o aprendiz ao navegar através do mesmo, possa entender o máximo possível sem o auxílio de um mediador externo. Admite-se, no entanto que, em algumas situações, vinhetas (*promptets*) devam estar inclusas no objeto. Elas funcionam como elementos de orientação “nestes becos sem saída”.

2.4.2 Objetos de Aprendizagem como parte integrante do processo educativo: uma superposição de metas para o ensino de Física:

Navegando no universo da Tecnologia da Informação e Comunicação, com ênfase para a construção de material educacional digital usando multimídia interativa, que venha a contribuir como instrumento pedagógico em abrangência e alcance, tanto para a flexibilidade do currículo, assim como sistematização da prática pedagógica, voltada para a formação e disseminação do conhecimento científico, foi dado destaque para a construção e uso da ferramenta computacional denominada Objetos de Aprendizagem.

Nesta trajetória, em sua relevância como hipermídia inovadora destacou-se que: “Governo de diversos países estão investindo largas somas de dinheiro para desenvolver grandes repositórios de Objetos de Aprendizagem” (MASON; RENNIE, 2004, p. 54).

Os repositórios dos objetos de aprendizagem prometem suprir os professores do ensino médio e ensino universitário, com recursos de alta qualidade, que poderão ser identificados e reutilizados nas suas atividades em sala de aula ou em cursos *on-line*. Como forma de inclusão digital nos referentes ao Brasil, pode ser citado o Projeto RIVED*, Rede Interativa Virtual de Educação à Distância - Fábrica Virtual – Ministério de Educação e Cultura (MEC) – Secretaria de Educação à Distância -

Sead. Mais informações serão tecidas adiante neste trabalho. Podendo também ser visitado no Site <http://rived.proinfo.mec.gov.br>.

Existe hoje praticamente um consenso no panorama das atividades pedagógicas digitais contemporâneas que, Objetos de Aprendizagem estrategicamente construídos por especialistas de diversas áreas (de forma interdisciplinar) e em diversas áreas (no contexto de pluralidade de saberes) constituem uma forte fonte tanto para difusão dos saberes, assim como uma ferramenta em potencial para construção destes saberes . Para Prata et al. (2007, p.107) os Objetos de Aprendizagem,

têm se apresentado como possibilidades de desenvolvimento de processos interativos e cooperativos de ensino aprendizagem, estimulando o raciocínio, novas habilidades, a criatividade, o pensamento reflexivo, a autonomia e a autoria.

Potencialidades expressivas para promover tarefas didático-pedagógicas na educação formal na sociedade contemporânea.

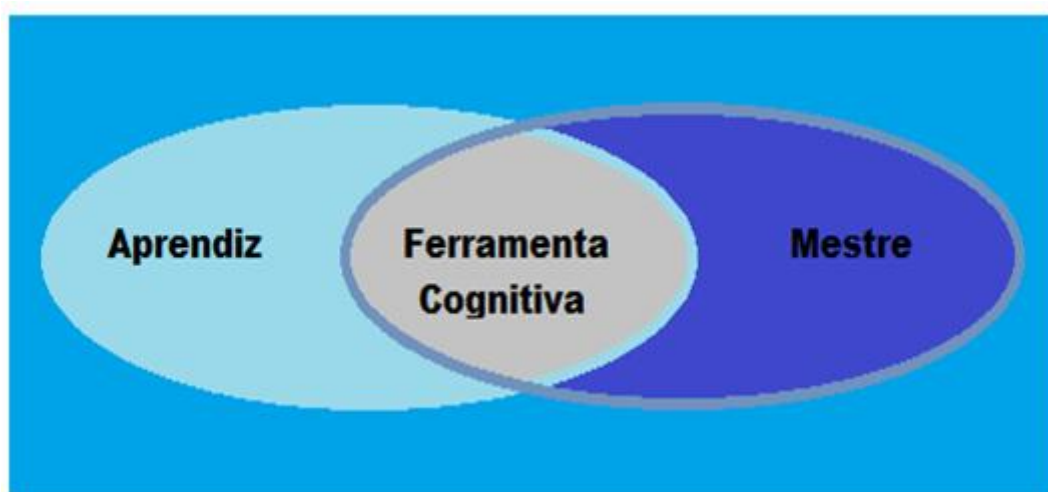
É igualmente um consenso que, para que os Objetos de Aprendizagem obtenham sua eficácia validada, alguns cuidados sejam tomados. Não se trata de uma ação normativa, ou tendência para a manipulação de ideias, mas um resgate de categorias (uma epistemologia) que complementam o construir, desenvolver e utilizar conteúdos digitais de forma mediada, em uma perspectiva dinâmica e interativa. Neste ponto, alguns aspectos foram elencados: de forma geral, se podem considerar Objetos de aprendizagem como uma combinação de objetivos educacionais, com ferramentas de comunicação e da WEB para um compartilhamento de significados, indo além de formatar ou enquadrar um conjunto mais complexo de informações (meta-dados), podendo ser utilizados como verdadeiros andaimes cognitivos computacionais, para o processo de construção do conhecimento científico. O OA não é um sujeito, mas um objeto à mercê de engenharias e reengenharias, ampliando suas capacidades e projetando sua presença para dentro dos espaços virtuais (simulações eletrônicas, informação plurissensorial e diversidade de mídias tomam o lugar dos estímulos do mundo real, como forma de reprodução dos fenômenos da natureza). Os usuários dos Objetos de aprendizagem não são simplesmente mais inteligentes, antes, são capazes de apresentar mais formas de comportamento inteligente, participando ativamente do

processo que transforma dados em informação e informação em conhecimento. Do que seria o caso em suas condições naturais, isto é, liberam mais potencial para serem mais eles mesmos.

Diante do contexto pedagógico os OA's aqui referenciados foram inspirados na linha ausubeliana, que defende a instrução na forma de material potencialmente significativo.

Seguindo a trajetória em suas dimensões como parte integrante do processo educativo, chamou-se a atenção para um tríplice viés, como uma atividade de interação entre as partes: quem ensina, quem aprende, cujo vínculo é intencional (modificação de ideias, conhecimentos e atitudes daqueles que aprendem mediados pelos que ensinam) e uma ferramenta - OA anteriormente citado) conectada às mesmas, conforme mostra a Figura 15.

Figura 15 – Diagrama ilustrativo contendo uma visão simplificada evidenciando superposições de metas no Evento Educativo.



Fonte: Dados da pesquisa.

Embora permaneça a lógica articulada desses elementos (visão holística), para um melhor entendimento, estes podem ser tratados em suas nuances com características distintas (visão reducionista).

Em um contexto ausubeliano cabe ao professor a responsabilidade/tarefa da elaboração de um material potencialmente significativo. Premissa basilar para a construção do conhecimento. Segundo São Paulo (2012):

[...] a comunicação em níveis diferentes dificulta o entendimento dentro de uma lógica. Quando duas pessoas em estágios desiguais de consciência dialogam, existirão dificuldades para se entenderem. Talvez seja essa a grande questão da humanidade.

Em um alerta piagetiano torna-se notória a premissa “de que ninguém aprende pelo outro”. Se por um lado, retira do professor a responsabilidade da aprendizagem, por outro, impõe ao mesmo, uma maior: que é a de edificar (mediar) uma ação/processo que não se realiza no mesmo. Neste ponto, destacou-se que as idiossincrasias estão presentes não em um, mas nos três elementos que integram o Evento Educativo: professor/OA/aprendiz. Estas restrições vão desembocar em necessidades que merecem destaque nos referentes peculiares a cada um dos partícipes do processo de construção do conhecimento:

O Professor (alguém que elabora, idealiza, que concebe a ferramenta OA). onde prevalece seu ponto de vista, visão de mundo, cultura, a dura inserção dos fundamentos estruturados, o modo de encarar o fenômeno, sua vivência passando pelo científico, o sensível e o estético. A sistematização de suas ideias, enfim, o seu modo de se comunicar, informar, reproduzir, explicar, mediar e contextualizar a informação/instrução, dando sentidos e significados ao conhecimento em sua vertente científica.

Os Objetos de Aprendizagem (algo construído, elaborado). Transposição para um novo espaço de ensino aprendizagem, a ferramenta em si, que associa o virtual como modelo de descrição do real e sua especificidade de reprodução e comunicação do fenômeno de interesse. Nova estrutura de organização, potencializada pelas tecnologias de informação e comunicação educacionais. Voltadas para uma aprendizagem bem sucedida, garantia da flexibilidade, conectividade e da interatividade, facilitada pela codificação dual (MAYER, 2011).

Possibilidade prevista por Noble (1998):

Hoje estamos olhando para um ambiente altamente pessoal, mediado pelo ser humano. O potencial para remover a mediação humana em algumas áreas e substituí-lo por tecnologia, computadores, sistemas inteligentes e redes é enorme. Isso tem que acontecer.

Citação relevante para a consideração da possibilidade do uso de Objetos de Aprendizagem, a favor da melhoria do processo educativo em geral em particular, do ensino de Física.

Outro destaque a ser considerado é a relevância temporal entre confecção e uso da ferramenta. Considere que o uso da ferramenta (em determinado sistema de referência, o agora), prescinde a sua autoria, (no mesmo sistema de referência, o antes, o ponto de partida, a origem). Isto é, a ferramenta carrega consigo a intencionalidade/estratégia própria de quando concebida. No entanto, considerando que em contextos diversos (aprendizes, máquinas, locais e situações de ensino), em uma apreciação e uso de um mesmo Objeto de aprendizagem, o processo de mediação jamais será o mesmo. A maneira que cada aprendiz é capaz de lidar com a ferramenta está diretamente associada às suas capacidades (cognitiva, afetiva, motora), assim como, as suas preferências (estilos de aprendizagem). Vygotsky (1989), ao definir a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) defendeu a natureza dessa ajuda que caracteriza a mediação pedagógica. Torna-se, pois, uma dimensão a ser explorada na reflexão pedagógica. Deste modo, é um parâmetro constitutivo essencial no desenvolvimento da pesquisa educativa.

O aprendiz (o empenhado na busca incessante da construção do conhecimento) e envolvido nas emaranhadas redes de conexões do processo educativo é outro elemento constitutivo.

Centrar no aprendiz no processo de construção do conhecimento é sem dúvida o ponto chave deste Trabalho. Para lograr o efeito desejado, alguns pontos merecem serem aprofundados.

Ao relacionar os OA's com o contexto de facilitador da aprendizagem significativa dos conceitos da Física, em que vários aprendizes de forma conjunta ou individual, conduzem suas deliberações encaminhadas para a construção do conhecimento científico, torna-se notória a premissa ausubeliana. O mapeamento da posse dos conceitos prévios dos aprendizes no eixo temático sobre qual versa o OA, deve ser considerado como elemento diferenciador para uma aprendizagem bem sucedida.

A intenção do uso do OA está fundamentada em pilares cognitivos construtivistas, que requer uma aplicação sistematizada e organizada, isto é, que propicie um ambiente colaborativo no qual o aprendiz possa relacionar a interface do artefato (OA) com o fenômeno físico de interesse. E assimilar informações que geram e modificam os processos para tomada de decisões e para a gestão da construção do conhecimento em ritmo próprio.

O processo de Assimilação (Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa) tratado pormenorizado neste Tópico envolve mais uma vez as idiossincrasias dos partícipes do Evento Educativo. Seu desenvolvimento inclui, pois, diferenças funcionais, entre os aprendizes com alto nível de referências pessoais. Seus pontos de vista, suas motivações, seu domínio específico sobre os conceitos tratados, suas interpretações, relações, aceitação/entendimento ou não, dos significados compartilhados em combinação com outras categorias. Associe ao fato de que de certa forma, o aprendiz ao adentrar no universo do OA, toma em parte um empréstimo da informação extrínseca de quem as preconcebe, de diferentes maneiras e em diversos níveis de precisão e formalidade.

O conhecimento informal gera ajuda para descrições substanciais do fenômeno de interesse, a exemplo de variáveis que definem um problema; espaços de soluções, descrições, que às vezes são difíceis de visualizar diferentes níveis de detalhes.

Dentro da ótica da necessidade de atender a diversidade de usuários como suporte da aprendizagem, cabe ainda destacar a condução de novas investigações em torno das flexibilidades que permitem aos aprendizes vivenciar experiências, interferir, fomentar e construir o próprio conhecimento.

2.4.3 Objeto de Aprendizagem: uma produção do NOA

Ao longo deste Trabalho ou especificamente, nas interferências do uso de OA's como parte integrante do Evento Educativo, isto é, como uma proposta de recurso pedagógico para o ensino de Física optou-se pela utilização dos OA's disponibilizados pelo NOA-RIVED/SEED/MEC. Entre os vários fatores que favoreceram esta escolha, é citado o fato de serem públicos e de acesso irrestrito (para visualização, *download* e reutilização). Oportunidade para que a comunidade educacional com acesso à internet possa ter os materiais de forma estruturada e garantida por padrões de qualidade (validados) e de catalogação.

Outro destaque para sua produção é o respaldo teórico epistemológico, dedicado paralelamente à sua construção, de seguirem-se os fundamentos construtivistas ausubelianos.

De acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, os conceitos subsunçores dos aprendizes são organizados hierarquicamente. Os conceitos mais inclusivos estão no topo da estrutura cognitiva e servem como âncora para receber um novo conteúdo a ser aprendido. Segundo Moreira (2005):

Como o ensino tradicional, em sua forma de fragmentar o conteúdo, é contrário a tal teoria, se cria nos estudantes de Física do ensino médio e do ensino superior (futuros professores), conceitos instáveis, frágeis, incompletos e susceptíveis ao fácil esquecimento. Outros fatores como concepções errôneas desenvolvidas pelos alunos ou a heterogeneidade inerente aos grupos de estudo, em sala de aula presencial ou à distância, completam as dificuldades de aprendizagem.

A partir dos problemas detectados e seguindo-se as determinações da Teoria da Aprendizagem Significativa, os OA's empregam várias estratégias facilitadoras da aprendizagem significativa, com o intuito de permitir a construção do conhecimento e atender aos diferentes modos de aprender, coerentes com as singularidades pessoais.

2.4.4 Ensino por Multimeio e o Projeto RIVED

A metodologia adotada pelo NOA na construção dos OA's segue o design referenciado pelo RIVED/SEED/MEC (NASCIMENTO, 2007). E tem basicamente os seguintes aspectos: procurar atender as diversas exigências dos agentes do processo ensino-aprendizagem, aceitando que as diferenças são as regras correntes em salas de estudos e estruturar o código fonte de cada OA a partir de blocos padrões, reutilizáveis, pequenos, de pouca exigência computacional e flexível. Dessa forma, trás para uma séria discussão da teoria física, tanto os aprendizes mais aptos, quanto aqueles com grandes dificuldades de aprendizagem. Por outro lado, os novos OA's são incorporados aos já existentes, formando um *software* completo (FASF – Ferramenta para Aprendizagem Significativa em Física). Aqui, a FASF atua como um repositório, controlando o acesso aos arquivos dos tipos: HTML, SWF, PDF, XML, MP3, FLV e JPEG.

O uso de computadores é empregado pela maioria dos educadores como uma ferramenta para auxiliar a construção do conhecimento. O NOA segue esta tendência, sendo adepto da simulação/modelagem. Um modelo é uma representação de um fenômeno e a modelagem permite que tanto o modelo possa

ser compreendido, assim como, o próprio fenômeno através das múltiplas representações e escolha entre uma e outra (WEBB; HASSEN, 1988). As simulações podem ocorrer tanto com um modelo presente (ARAÚJO; VEIT, 2002), quanto com um esquema algorítmico. De acordo com Fiolhais; Trindade (2003), quando as simulações se revestem de um caráter de jogo, fornece uma recompensa pela realização de certo objetivo. Para o NOA, a FASF inicialmente sendo um repositório, será um jogo, onde cada OA pode ser entendido como uma fase a ser finalizada pelo aprendiz, de acordo com as atuais tendências, como é enfatizado por Hayes; Games (2008).

Assim, descortinam-se de forma enfática, várias possibilidades de contextualização de uma metodologia construtivista, que facilita a conexão entre aprendizes, mestres, componente curricular e Objetos de Aprendizagem, que venha contribuir para uma melhoria do ensino de Física.

A PESQUISA

3 A PESQUISA

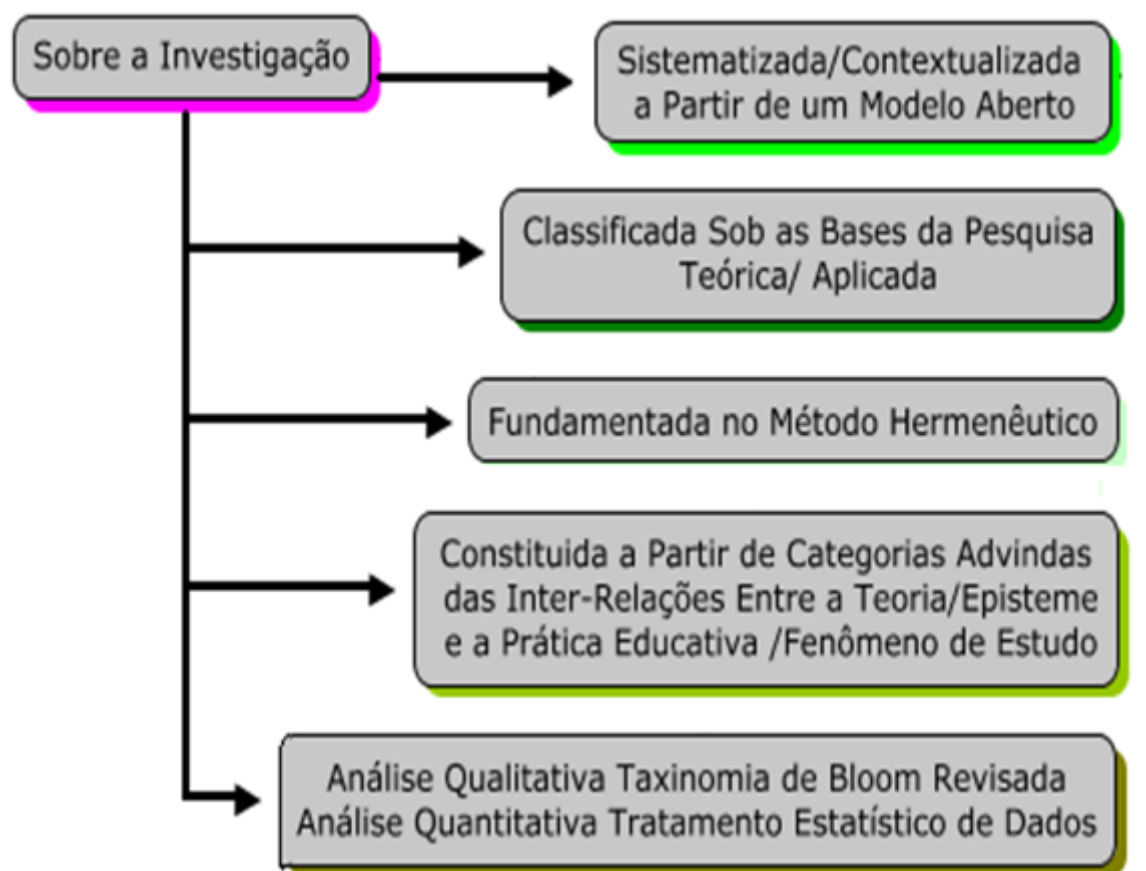
3.1 INTRODUÇÃO

Ao referenciar o tema Pesquisa seguiu-se a trajetória vislumbrada pela pesquisa educativa. Para Lemos (2007), “a prática educativa e a investigação educativa compartilham o mesmo objetivo, favorecer a aprendizagem significativa do aluno”. Desse modo, foram elencados como variáveis do processo de pesquisa, os elementos que integram o Evento Educativo (NOVAK; GOWIN, 1996) e alguns aportes. Assim, quando se refere a esse processo, a preocupação central, subdivide-se em duas trilhas: um substrato, uma busca de prover respostas sob o ponto de vista teórico, isto é, uma base epistemológica fundamentada em elementos obtidos através da revisão da literatura. Buscando conceitos e princípios que constituam um conjunto de base, composto por variáveis realmente relevantes, que contribuam com a ajuda para restabelecer e fortalecer as conexões e os preciosos vínculos para a eficácia do Evento Educativo. A outra descreve as características do processo de pesquisa, identificando as sequências de passos, o mapeamento de dados, as perguntas e suas possíveis respostas, em uma ação centrada na sala de aula. Ressalta-se o uso da ferramenta computacional como parte integrante do processo de construção do conhecimento e sua apreciação e uso pelos partícipes submetidos a um tratamento. Ou genericamente, investigando as variáveis geradas nos momentos em que aprendizes, mestres, conteúdo e contexto, se conectam, interagem entre si e com o conhecimento científico, possibilitando uma Aprendizagem Significativa bem sucedida.

Neste ponto volta-se o olhar para o que Tuckman; Harper (2012) considera o papel da pesquisa: O que é pesquisa? Qual o seu universo? Como efetivar a investigação? Qual a sua validade interna e externa? Quais as suas características? Quais os passos a seguir? Identificando um problema; identificando as variáveis; construindo e usando questionários; construindo e validando ou não uma hipótese; construindo seu *design* experimental; revendo a literatura; conduzindo a avaliação quantitativa e qualitativa; analisando e criticando o estudo e a validação da hipótese.

Uma visão pormenorizada da investigação desenvolvida ao longo da pesquisa está descrita no diagrama contido na Figura 16.

Figura 16 - Diagrama analítico contendo os elementos constitutivos da investigação.



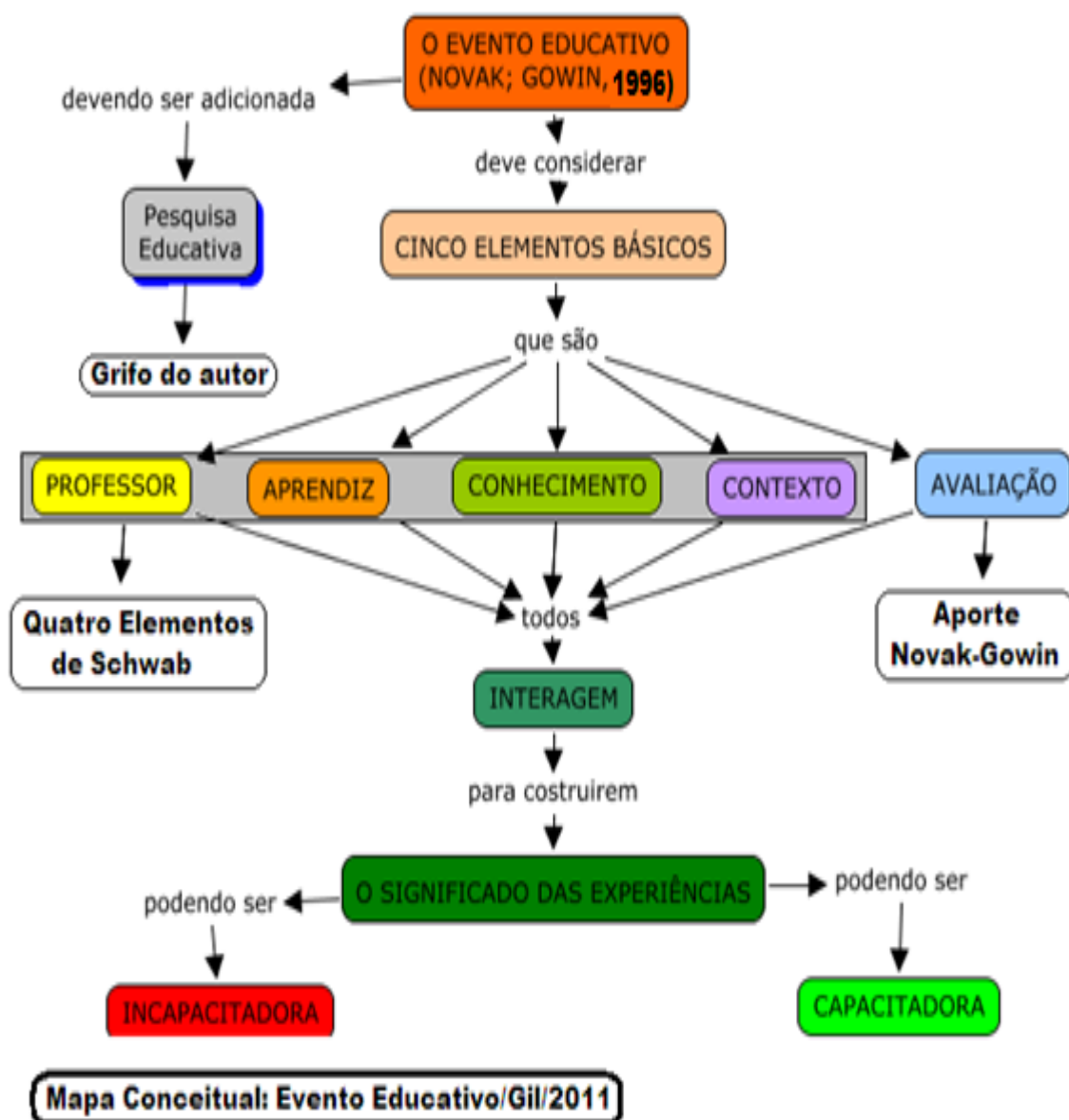
Fonte: Dados da pesquisa.

3.2 EVENTO EDUCATIVO: UMA VISÃO SISTEMATIZADA

O palco das investigações centra-se no processo de ensino aprendizagem de Física e tem como uma de suas variáveis, a pesquisa contínua nos referentes à melhoria dos materiais instrucionais e sua utilização em sala de aula, como forma de prover a construção do conhecimento científico. No entanto, este propósito leva a inclusão de outras variáveis que se entrelaçam ao longo do processo, a exemplo: entender as diferenças pessoais de como os aprendizes constroem e compartilham significados, em um processo mediado por determinada ferramenta, construída com o objetivo de facilitar a aprendizagem significativa de determinados conceitos que integram certo eixo temático. Considere ainda, em qual contexto, esse processo se edifica. Deste modo, tomou-se como universo mais abrangente do campo de pesquisa o “Evento Educativo” (NOVAK; GOWIN, 1996). A seguir, ofereceu-se um

Mapa Conceitual que mostra de forma estendida, os quatro lugares-comuns de Schwab, acrescido da Avaliação por Novak. E como forma de não negligenciar a Pesquisa Educativa, como parte efetiva da inter-relação entre os demais componentes, a mesma foi integrada ao Mapa Conceitual da Figura 17.

Figura 17 – Mapa Conceitual elencando de forma ampliada os diversos elementos que integram o Evento Educativo.



Fonte: Dados da pesquisa.

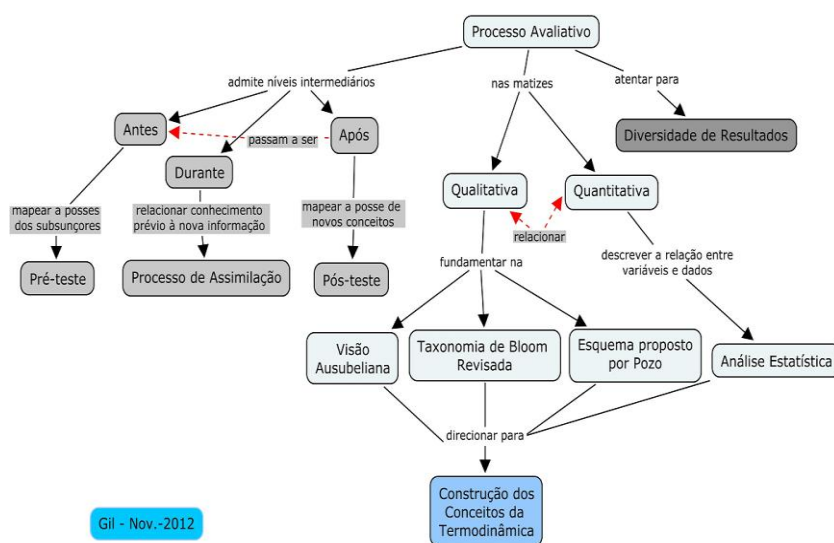
De forma complementar aos quatro elementos do Evento Educativo citados por Schwab (Professor, Aprendiz, Conhecimento e Contexto), Novak (1996) trás informações complementares sobre o processo avaliativo. O qual será descrito como um aporte na forma de mais um elemento do Evento Educativo.

3.3 AVALIAÇÃO: O QUINTO ELEMENTO

Ao pensar a avaliação como elemento constitutivo do Evento Educativo foi levado em conta diferentes contextos. O qual inclui três vertentes, a avaliação da metodologia, a avaliação do modelo (ferramenta computacional) e a avaliação da aprendizagem. Portanto, sugeriu-se aqui, a troca da palavra avaliação por processo avaliativo.

Concebeu-se que o mesmo deve ser algo que vá além de um diagnóstico estático, isto é, que possibilite um marco de reflexão sobre o processo de construção do conhecimento. E valorize no aprendiz, não somente o conhecimento, mas também, o meta-conhecimento, através de uma linguagem compartilhada, valorizando a capacidade dinâmica de aprender de modo construtivista. A qual dá significado *ao que se faz, como se faz e com o que se faz*. Para um melhor entendimento destas ponderações e de suas inter-relações foi oferecido para apreciação o Mapa Conceitual da Figura 19:

Figura 19 – Mapa Conceitual do processo avaliativo em sua dimensão espaço-temporal e aspectos qualitativos e quantitativos.



Fonte: Dados da pesquisa.

3.4 CONECTANDO A PESQUISA AO EVENTO EDUCATIVO: O SEXTO ELEMENTO

Este Trabalho tem como meta prioritária contribuir para responder a uma pergunta por demais evidente, no processo de ensino aprendizagem da Física. A qual está subjacente ao baixo rendimento escolar apresentado por aprendizes no decorrer da implementação das disciplinas que compõem as Ciências Exatas e da Natureza. Como é possível ajudar aprendizes e mestres na construção bem sucedida dos conceitos científicos da Física em um ambiente escolar?

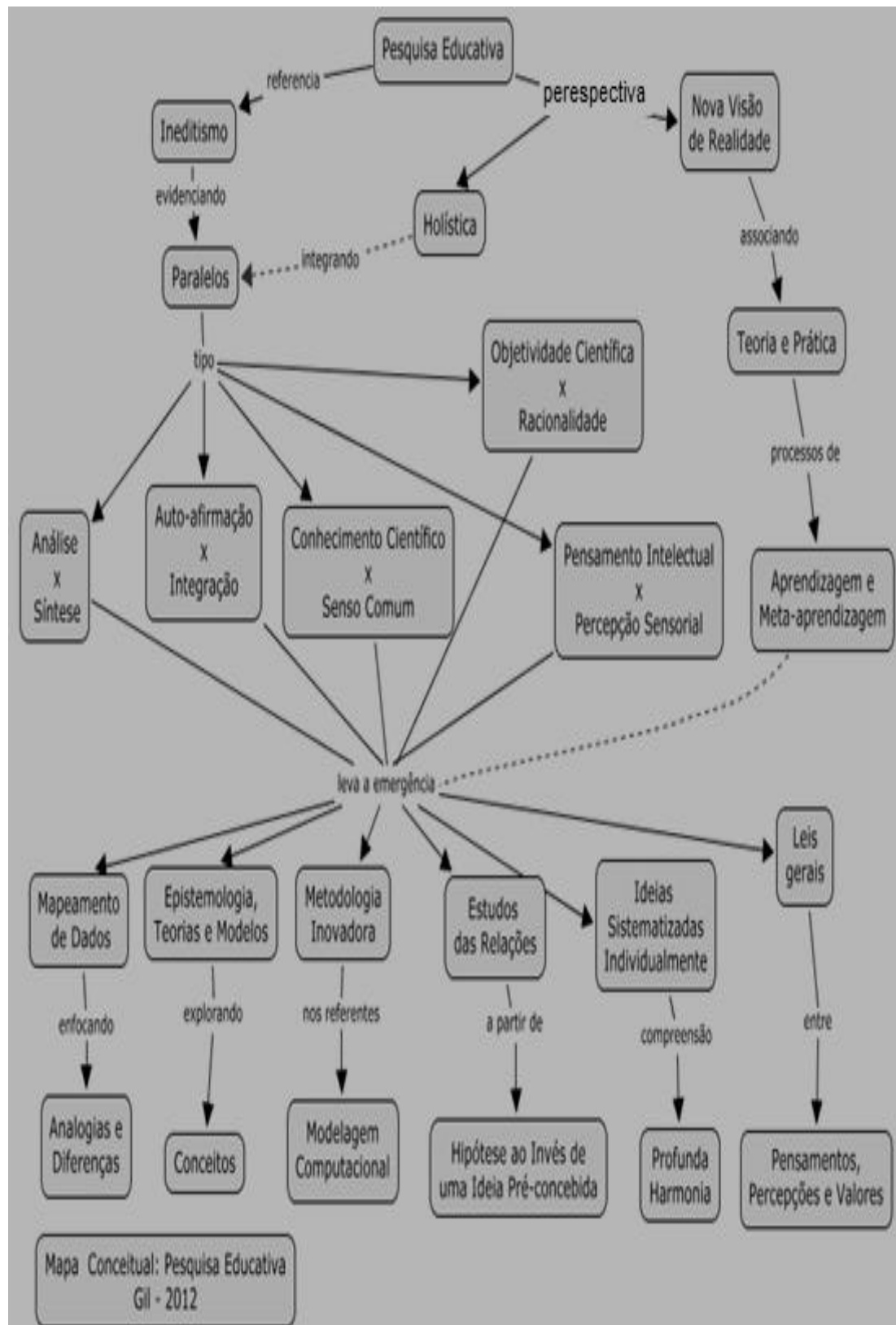
Nem todas as experiências são igualmente efetivas na solução deste problema. Então, é preciso formas eficazes para determinar *como* e *o que* as pessoas aprendem, sob diferentes métodos instrucionais, obviamente respeitando suas singularidades.

Esta foi considerada a tarefa central que conecta a Pesquisa Educativa ao Evento Educativo ao longo deste Trabalho, ao ponto da mesma ser integrada sob a égide de um sexto elemento do Evento Educativo.

Sob um ponto de vista mais específico, volta-se o olhar para suas funcionalidades. Neste ponto é preciso prender-se as variáveis da pesquisa: Como se pode dizer se alguém tem aprendido algo? Como se podem utilizar ferramentas cognitivas computacionais para a facilitação da aprendizagem significativa dos conceitos científicos da Física em determinado eixo temático? Em uma metodologia construtivista, quais processos cognitivos estão sendo utilizados durante o aprendizado? Estas variáveis são susceptíveis de implementação?

Para abordar estas perguntas de forma integrada traçou-se um Mapa Conceitual, o qual tem seu *design* instrucional descrito de forma sucinta na Figura 20.

Figura 20 – Mapa Conceitual da Pesquisa Educativa em uma visão holística evidenciando paralelos e possíveis níveis de conexão.



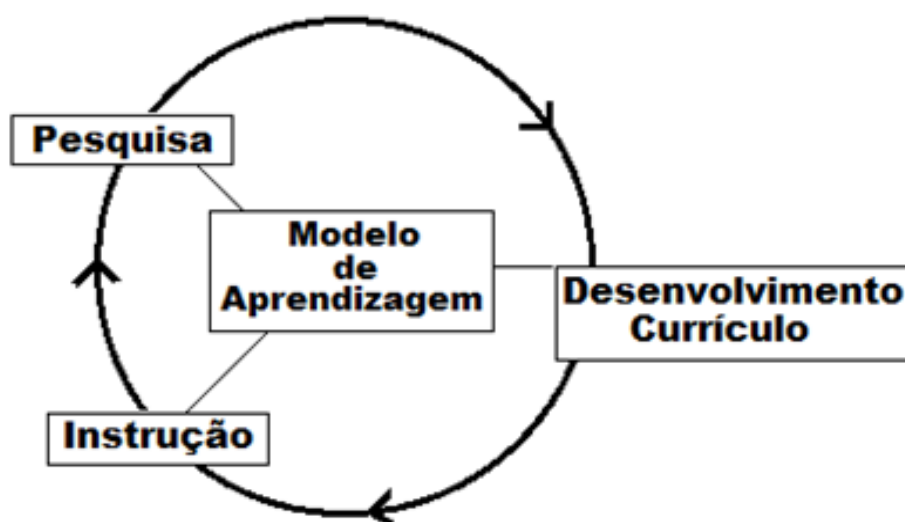
Fonte: Dados da pesquisa.

Este Mapa tem como finalidade constituir um referencial detalhado do planejamento do trabalho de pesquisa.

3.5 A PESQUISA COMO UM GUIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO CURRÍCULO

Como elemento norteador do *design* da Pesquisa Educativa para o desenvolvimento do currículo, foi tomado como referencial o descrito pelo *Physics Education Research Group* (PERG, 1998) da Universidade de Maryland, citado por Wittmann (1998, p. 6). Podendo ser visto na Figura 21.

Figura 21 - O interativo ciclo de pesquisa, desenvolvimento e instrução centrado em torno de como aprendizes entendem os modelos de aprendizagem.



Fonte: Adaptado do *Physics Education Research Group* – PERG – 1998.

Para este grupo o trabalho de pesquisa inclui um desenvolvimento relevante de medidas e técnicas de investigação. Estes elementos são importantes para demonstração e organização da descrição de como e quais são os obstáculos didáticos, que constituem dificuldades para a construção do conhecimento por aprendizes na sala de aula. Atente-se ainda, que formas básicas devem ser consideradas ao longo do desenvolvimento do currículo.

Esta incursão foi na direção da análise metodológica do uso da ferramenta OA nos referentes à eficácia de suas diversas interfaces, como elementos facilitadores da construção dos conceitos científicos da Física.

Inicialmente tomou-se como meta o mapeamento das concepções prévias dos aprendizes no eixo temático Termodinâmica. Aspectos básicos a serem considerados na Aprendizagem Significativa ausubeliana.

No geral, as Teorias de Educação tratam a aprendizagem como um processo vivenciado por todos da mesma maneira. Elas contemplam o que se tem em comum, quando se aprende. No entanto, se faz necessário procurar entender no que diferem uns dos outros, quando se constrói o conhecimento.

Fatores de diversas naturezas afetam este processo. Como elemento norteador para entendê-los levou-se em consideração as preferências individuais de cada aprendiz, sob as visões contidas nos trabalhos: *Model of Learning* (WITTMANN, 1998) e Estilos de Aprendizagem (ALONSO; GALLEGOS; HONEY, 2002).

Foram estes aspectos em um tratamento ora reducionista, ora holístico, e sempre compartilhado, que serviram como parâmetros para a trajetória da Pesquisa Educativa.

3.6 UMA REFLEXÃO SOBRE OS ESTILOS DE APRENDIZAGEM

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) no qual foi implementada a Pesquisa Educativa guarda um modelo educacional homogêneo, como predominante. Entre suas modalidades educativas oferece à comunidade, o curso Superior de Engenharia Elétrica no nível de Bacharelado, e os cursos de Geoprocessamento e Automação Industrial no nível de Tecnólogo.

O Bacharel em Engenharia Elétrica ou Engenheiro Eletricista atua, de forma generalista, no desenvolvimento e integração de sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Em sua atividade, otimiza, projeta, instala, mantém e opera sistemas, instalações, equipamentos e dispositivos eletroeletrônicos. Projeta sistemas de medição e de instrumentação eletroeletrônica, de acionamentos de máquinas; sistemas de iluminação, de proteção contra descargas atmosféricas e de aterramento. Especifica máquinas, equipamentos, materiais, componentes e dispositivos eletromecânicos e eletromagnéticos. Elabora projetos e estudos de eficiência energética e de fontes de energia renovável. Coordena e supervisiona equipes de trabalho; realiza pesquisa científica e tecnológica e estudos de viabilidade técnico-econômica; executa e fiscaliza obras e serviços técnicos; efetua

vistorias, perícias e avaliações, emitindo laudos e pareceres. Em sua atuação, considera a ética, a segurança e os impactos socioambientais. (Extraído dos Referenciais Curriculares Nacionais).

O Tecnólogo é o profissional que elabora, implanta, gerencia e mantém projetos lógicos e físicos de redes de computadores locais e de longa distância. Conectividade entre sistemas heterogêneos, diagnóstico e solução de problemas relacionados à comunicação de dados, segurança de redes, avaliação de desempenho, configuração de serviços de rede e de sistema de comunicação de dados são áreas de desempenho deste profissional. Conhecimentos de instalações elétricas, teste físico e lógico de redes, normas de instalações e utilização de instrumentos de medição e segurança são requisitos à atuação deste profissional. (Extraído dos Referenciais Curriculares Nacionais).

Em sua formação acadêmica torna-se fundamental os conhecimentos de Física. Em face disto, foi interesse desenvolver através da pesquisa educativa, a elucidação das premissas favorecedoras de uma aprendizagem significativa e da aplicação dos conceitos da Física no cotidiano escolar. Tratando o ensino-aprendizagem como um processo vivenciado por todos da mesma maneira.

À primeira vista, esta visão pode parecer justa, mas, refletindo-se um pouco mais, podem-se encontrar indícios de que as pessoas diferem uma das outras em vários aspectos. E a educação, mas especificamente, no que se refere à aprendizagem, não seria uma exceção.

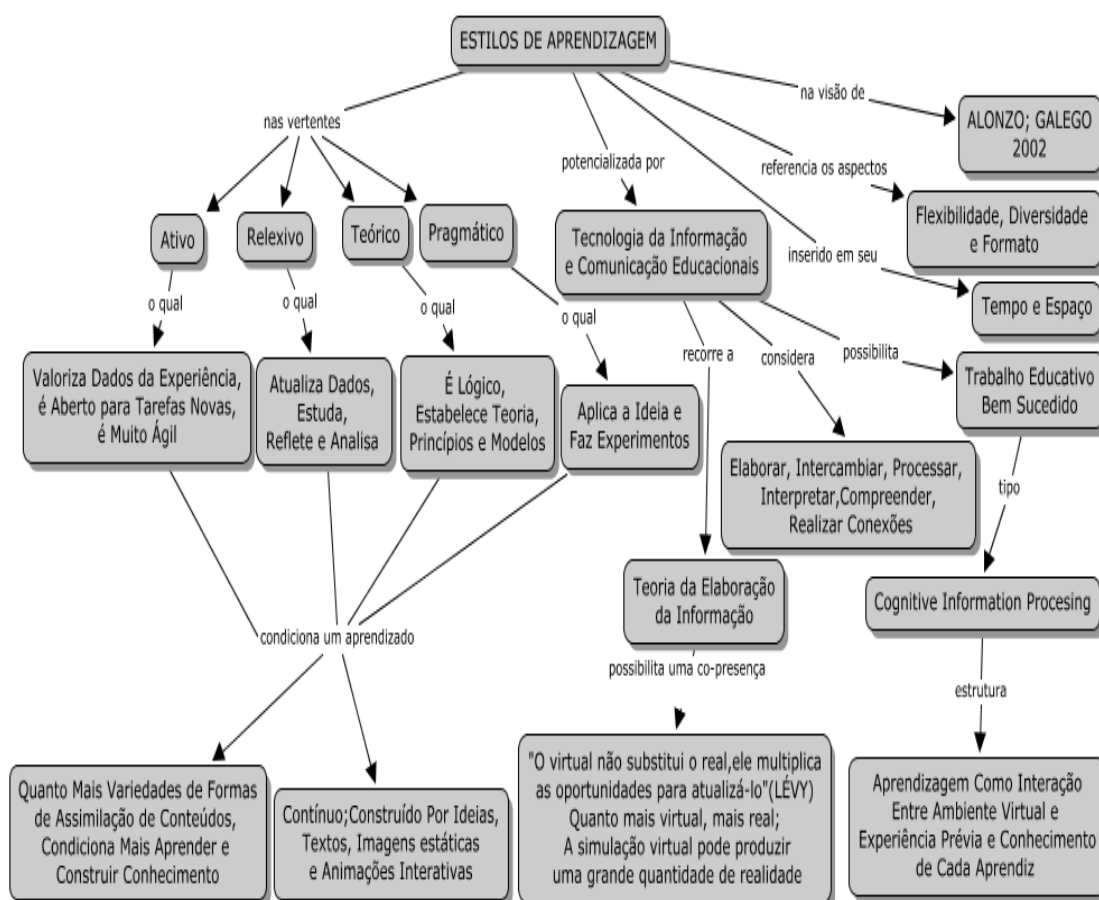
A idiosincrasia, característica exclusiva onde cada ser humano é único, dificulta um processo genérico, isto é, um padrão de ensino predefinido, onde todos vivenciam um processo de aprendizagem homogêneo.

Neste contexto, pouco tem sido feito para organizar e desenvolver um modelo, a partir de como o aprendiz faz sentido do material que lhe é ofertado como facilitador da aprendizagem. Portanto tornou-se necessário nortear a pesquisa nesta trajetória.

Para Wittmann (1998) “Ao compreender como os alunos constroem seu conhecimento sobre um tema específico, pode-se desenvolver materiais didáticos eficazes.” Isto é, materiais instrucionais baseados em pesquisas são mais eficazes do que a configuração da aula tradicional. Servem para ajudar aos aprendizes a adquirirem e aplicarem elementos de raciocínio necessários para a Física aplicada no seu cotidiano.

A premissa basilar está no pensamento de Alonso; Gallego; Honey, (2002) para o qual, Estilos de Aprendizagem referem-se a preferências e tendências altamente individualizadas de uma pessoa, que influencia sua maneira de aprender. Uma visão mais abrangente de seus componentes pode ser vista no Mapa Conceitual da Figura 22.

Figura 22 - Mapa Conceitual elencando as hierarquias conceituais que fundamentam os Estilos de Aprendizagem.



Mapa Conceitual : Estilos de Aprendizagem/Gil/2013

Fonte: Dados da pesquisa.

É consenso de alguns pesquisadores desta área que Estilos de Aprendizagem definem o estilo pessoal, sendo a abordagem individual por meio da qual as pessoas respondem a situações de aprendizagem. O mesmo se fundamenta em dois aspectos:

- O estilo cognitivo, que reflete o modo como a pessoa pensa.

- As estratégias de aprendizagem, que refletem os processos utilizados pelo aprendiz para responder as demandas de uma situação de aprendizagem.

Ainda destaca-se por ser uma preferência característica e dominante na forma de como as pessoas recebem e processam informações, considerando os estilos como habilidades passíveis de serem desenvolvidas. Resumidamente pode-se considerar que, diferentes aprendizes apresentam características diferentes. Uns tendem a focalizar mais fatos, dados e algoritmos. Enquanto outros priorizam teorias e modelos matemáticos. Alguns também podem responder preferencialmente a informações imagéticas, a exemplo de figuras, diagramas, gráficos e animações. Ou genericamente, uma reprodução virtual dos fenômenos. Contendo explicações verbais, orais ou escritas. Considere também, que uns preferem aprender de forma ativa e interativamente; outros já têm uma abordagem mais introspectiva e individual podendo ser racional ou intuitiva.

Na estrutura geral da pesquisa buscou-se uma conexão entre conceitos advindos das teorias que fundamentam os Estilos da Aprendizagem, com a possibilidade de acesso das diversas interfaces dos OA's e a análise dos resultados mapeados ao longo de um processo direcionado a um grupo focal.

O objetivo centra-se em um referencial de trabalho voltado para uma aprendizagem significativa ausubeliana bem sucedida dos conceitos da Termodinâmica, levando em conta as preferências individuais de cada aprendiz.

Para maior clareza elencou-se uma sequência de ações sem diferenças de níveis de importância. Pois foram suas conexões (resultados cruzados) , que permitiram a análise da eficácia do uso das diversas interfaces que compõem o OA e a identificação do estilo de aprendizagem com maior predominância, na forma de aprender e utilizar o conhecimento, adquirido para ampliar capacidades individuais na solução de problemas (ponto chave da Pesquisa Educativa).

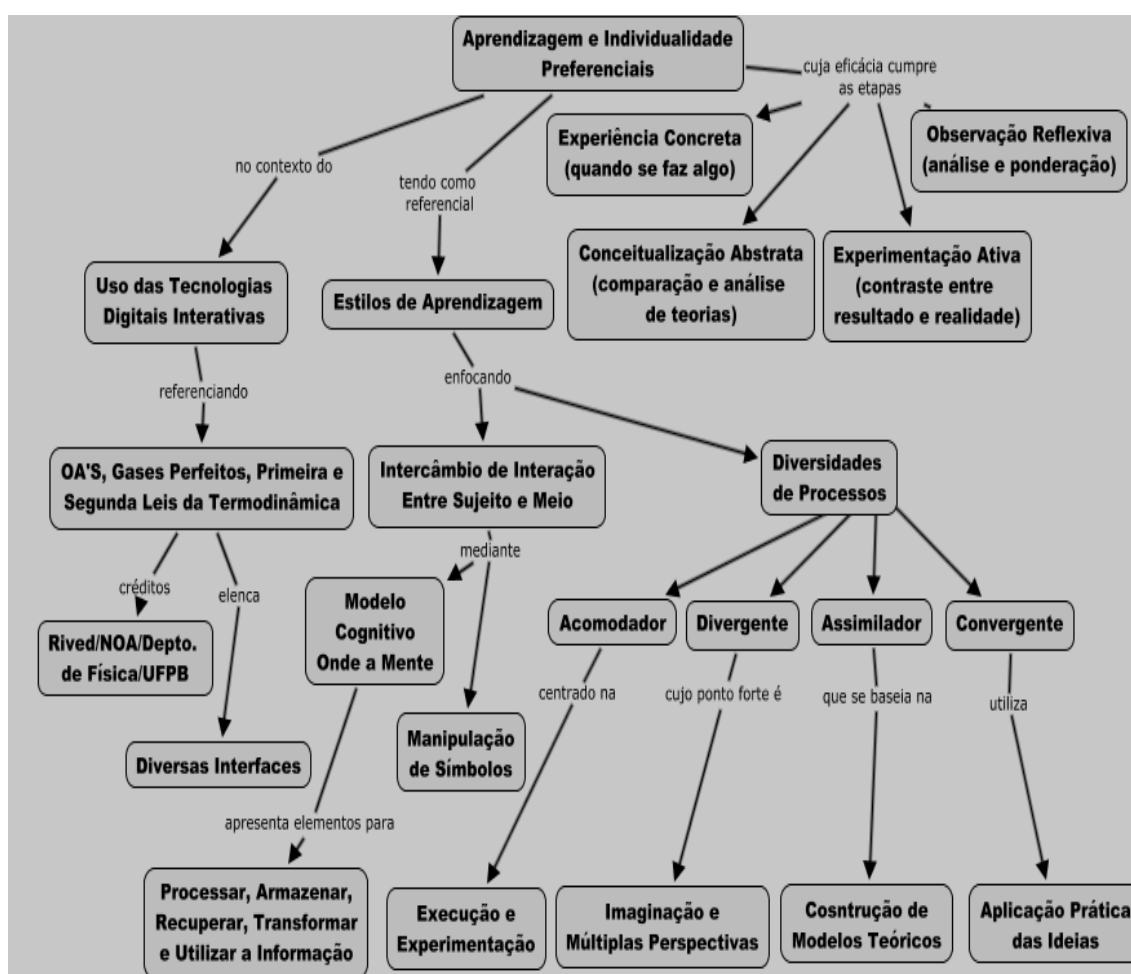
A abordagem individual que responde a esta situação remete a dois aspectos. A dimensão do processo, domínio cognitivo/conhecimento (BLOOM, 1976), isto é, a maneira como o aprendiz aprende; e a estratégia de aprendizagem, ou seja, o meio que o aprendiz utiliza para alcançar os resultados. Em sintonia com a ferramenta trabalhada. Estes elementos se conectam às suas preferências, na forma de

construir o conhecimento e se complementam na efetivação de diversas atividades realizadas por cada aprendiz.

Embora determinado material seja distribuído de forma igualitária a todos os aprendizes, cada um destes é o responsável pelo processo de construção do conhecimento e na atribuição de significados. Cada aprendiz tem sua experiência de aprendizagem vinculada ao seu estilo próprio (idiossincrático), o que lhes possibilitará sucesso ou insucesso na construção do conhecimento.

Para atender a estas diversidades tomou-se como referencial o que foi disponibilizado na Figura 23, na forma de um Mapa Conceitual. O qual contempla de forma hierárquica, os diversos elos relacionais entre os estilos de aprendizagem e a construção do conhecimento, centrados na interatividade veiculada nos OA's.

Figura 23 – Mapa Conceitual da aprendizagem conectando individualidades preferenciais dos diversos estilos de aprendizagem.



Fonte: Dados da pesquisa.

A síntese das informações referenciadas nas Figuras 20, 21 e 23 foram compartilhadas gerando um referencial de trabalho que veio contribuir para promover e auxiliar a aprendizagem de Física, através de modelos computacionais. E paralelamente, investigar como os aprendizes constroem o seu conhecimento, em face de aplicação de objetos de aprendizagem na educação e o uso preferencial de suas potencialidades.

Neste ponto, o Objeto de Aprendizagem é um artefato cognitivo que se encaixa em uma necessidade educacional claramente identificável, e tem o potencial de poder ser reutilizado em diferentes contextos (WELLER; PEGLER; MASON, 2003).

Esse material deve compor um instrumento auto consistente. Ele se inicia com a suposição de determinado conhecimento prévio do aluno, claramente explicitado, e desenvolve um conteúdo sem fazer uso de referências a outros tópicos correlatos.

Para Tavares (2005), em muitas áreas do conhecimento, existem conceitos comuns que podem ser repetidos em escala global, e a possível reutilização dos OA's permitiria que estes pudessem ser partilhados entre cursos que utilizassem esses conceitos comuns.

A utilização dos OA's permite a possibilidade de autoria múltipla do material para um determinado curso. Pode-se ter um curso sobre determinado tema com um autor para cada módulo desse curso, e dessa maneira poder contar com as pessoas mais habilitadas para esse fim. Muitas vezes, como artifício pedagógico, o professor em sala de aula induz ou instiga os alunos a fazerem conexões entre o tópico anterior e o presente.

A aprendizagem através de múltiplas representações permite ao aprendiz utilizar o processamento complementar de informações, tendo em vista que cada representação complementa a outra. As representações múltiplas se complementam, seja porque diferem nas informações que expressam, seja por causa dos processos cognitivos que cada uma permite (AINSWORTH; VAN LABEKE, 2004).

Para Tavares (2004) as animações interativas facilitam a compreensão na medida em que possibilita ao aprendiz visualizar a representação matemática de um modelo da natureza: é a transformação de uma equação em uma imagem da

natureza, e através da possível interatividade com o OA, transformar esse conteúdo lógico, em um conteúdo psicológico.

Por outro lado, as animações interativas potencializam a eficácia da utilização dos mapas conceituais, como estruturador do conhecimento. Ao se inserir como um componente lúdico do processo de aprendizagem, ao se agregar como uma ferramenta adequada para o aprofundamento conceitual dos itens de um mapa e ao permitir uma conceituação concatenada de temas interligados. A representação múltipla minimiza o esforço cognitivo e facilita a aprendizagem significativa (TAVARES, 2004).

Para compor o referencial de trabalho e posterior análise, como forma de avaliação desse processo, a ideia foi envolver 10 (dez) aprendizes participantes de um grupo focal, escolhidos aleatoriamente na Turma de Automação Industrial, matriculados na disciplina Física Aplicada do Período 2013.1 do IFPB. Os mesmos foram convidados para participarem de uma dinâmica de grupo a ser desenvolvida em um dos Laboratórios de Informática do IFPB. Onde cada aprendiz dispunha de um computador conectado a Internet. Ao qual tem disponível para acesso livre, os OA's que integram o repositório do RIVED, sendo usados como ferramentas de modelagem científica, os três OA's que versam sobre o eixo temático Termodinâmica, descritos nos Anexos B, C e D.

Após a definição do tema (Leis da Termodinâmica) e afirmativa integral de suas participações de aprenderem significativamente (premissa ausubeliana), os mesmos foram submetidos a um tratamento em três encontros sequenciais, com duração de duas horas/aula cada.

Inicialmente foi aplicado um pré-teste (podendo ser visto no Apêndice E). Oportunidade para os aprendizes expressarem seus conhecimentos prévios em Termodinâmica. A resposta a cada questão não estava situada no nível do problema, mas, aos subsunçores que os aprendizes dispunham neste ponto. Onde um baixo rendimento não refletiu insucesso, pois, este era o nível imediato do processo. No qual prevaleceu a intuição e as concepções alternativas dos aprendizes. Associado aos elementos ansiedade, medo de fracassar, instabilidade, a ponto de cada aprendiz não ter certeza da maioria de suas respostas às alternativas. Em seguida, cada aprendiz teve a oportunidade de apreciar de forma individual, as diversas interfaces do OA (Saiba Mais, Texto Complementar, Mapa Conceitual e Animação Interativa). Acessando diretamente na máquina, quantas

vezes necessárias, a interface de sua preferência (princípio da não linearidade e conectividade). Neste ponto, cada aprendiz demonstrou sua forma própria de aprender, isto é, seu estilo de aprendizagem. Adequado para organizar suas ideias, compartilhar conhecimentos, significados e adquirir autonomia em sua aprendizagem. Esse é o nível em que o aprendiz expande seu campo conceitual, tentando tornar as questões acessíveis, dando-lhes a clareza necessária ao seu entendimento. Oportunidade de tomar decisões melhor fundamentadas. Ressalte-se que se trata de um processo, o conhecimento em construção. Obviamente, este é dinâmico, mas, na maioria das vezes, em sala de aula estão restritos às exigências do currículo e da intencionalidade educativa. Percebe-se que alcançar uma nova visão é decisivo para minimizar a distância entre certezas e dúvidas. Neste ponto, cada situação é diferente, para pessoas e contextos diferentes. Não se pode, entretanto, perder de vista o que se entende por instrução. Uma questão de conexão entre a primeira e terceira pessoa do presente do indicativo dos verbos Aprender/Ensinar. Isto é, o que *eu* aprendo a partir do que *ele* ensina. É na minimização da distância entre estes parâmetros, que se situa a objetividade/subjetividade do processo de ensino aprendizagem.

Chega-se ao ponto em que as metas se superpõem e se faz necessário avaliar até que ponto a ferramenta utilizada em suas diversas interfaces, contribui para uma aprendizagem bem sucedida dos conceitos científicos da Termodinâmica. Expandindo o campo conceitual de cada aprendiz, através de um processo construtivista mediado, para facilitar a construção do conhecimento e a solução de problemas.

Na busca de integrar a eficácia da posse dos conceitos científicos da Termodinâmica e a aquisição do conhecimento através da exploração individualizada de cada interface do AO, foi aplicado um Pós-teste (Apêndice E) e um Questionário semiestruturado elaborado para mapear dados auxiliares para a análise qualitativa da metodologia construtivista aplicada (Apêndice C). Os resultados obtidos estão descritos no Quadro 4.

Quadro 4 – Mapeamento do uso das diversas interfaces do OA na solução das questões do Pós-teste evolução em relação ao pré-teste por cada aluno do grupo focal.

Aluno	Mapa Conceitual							Texto Complementar							Saiba Mais							Animação Interativa							δ_a
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	
1																													2
2																													4
3																													3
4																													5
5																													6
6																													4
7																													5
8																													6
9																													4
10																													4

Legenda:

δ_a
Evolução dos
acertos nas
questões

Mapa Conceitual	
Texto Complementar	
Saiba Mais	
Animação Interativa	

Fonte: Dados da pesquisa.

As investigações propostas nesta seção objetivam o estudo do processo de formação e desenvolvimento de conceitos, segundo o paradigma da Modelagem Computacional.

Partiu-se de uma interrogação: Quais as interfaces que integram o OA sob o ponto de vista do aprendiz, que foram determinantes para o desenvolvimento da aquisição da posse dos conceitos? Assim, investigou-se no campo da Didática, a evolução da posse dos conceitos e o modo preferencial de cada aprendiz na forma de obtê-los.

Para cada aprendiz foi determinado um gradiente de evolução nos acertos das questões calculados pela expressão a seguir:

$$\delta_a = \text{nº de acertos no Pós-teste} - \text{nº de acertos no Pré-teste.}$$

Na posse destes dados, como forma de promover uma visão das diferenças de atividades de cada aprendiz (estilos de aprendizagem) foram traçados resumidamente três exemplos ilustrativos da análise do desempenho de cada um.

Exemplo 1- Aluno 5

Nº de acertos no Pré-teste: 01

Nº de acertos no Pós-teste: 07

$$\delta_a = 7-1 = 6$$

Exemplo 2 – Aluno 10

Nº de acertos no Pré-teste: 3

Nº de acertos no Pós-teste: 7

$$\delta_a = 7-4 = 3$$

Exemplo 3 – Aluno 1

Nº de acertos no Pré-teste: 02

Nº de acertos no Pós-teste: 04

$$\delta_a = 4-2 = 2$$

E posteriormente, um levantamento dos recursos didáticos utilizados na construção do conhecimento, vinculados às interfaces oferecidas no OA:

O aluno 5 optou pelo uso do Mapa Conceitual como referência para os conhecimentos envolvidos nas questões 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7; do Texto Complementar para as questões 2, 4, 5 e 6; do Saiba Mais para as questões 4, 5 e 6 e da Animação Interativa para as questões 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

O aluno 10 optou pelo uso do Mapa Conceitual como referência para os conhecimentos envolvidos nas questões 1, 4, 6 e 7; do Texto Complementar para as questões 1, 4, 6 e 7; do Saiba Mais para as questões 2, 3 e 7 e da Animação Interativa para as questões 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

O aluno 1 optou pelo uso do Mapa Conceitual como referência para os conhecimentos envolvidos na questão 2; do Texto Complementar para as questões 1, 2, 3, 4, 6 e 7; do Saiba Mais para a questão 5 e da Animação Interativa para a questão 6.

Uma parte integrante desta pesquisa está voltada para o papel que desempenha cada parte do OA no processo de construção do conhecimento, respeitando as individualidades de cada aprendiz. E volta-se para outra pergunta: Que suportes são necessários e quais os fatores que interferem na construção dos conceitos científicos da Física?

A intenção do uso de um conjunto composto por três OA's trabalhados sequencialmente, foi introduzir para o aprendiz uma estrutura conceitual de cada um dos temas apresentados. Eles tentam aguçar a curiosidade do aluno e instigar a sua intuição, de modo a facilitar a construção pessoal de significados sobre cada um dos assuntos. Nesta etapa, a pesquisa destina-se a avaliar o estilo de aprendizagem preferido de cada aprendiz na aquisição dos conhecimentos a serem utilizados na solução de cada questão. Evitou-se a utilização de fórmulas e equações para a descrição dos fenômenos e construção dos modelos pertinentes. Essa escolha tem um duplo viés: por um lado, mostrar que apesar da matemática ser de grande importância para expressar e elaborar conceitos de Física, se pode expor as facetas qualitativas desses conceitos, sem o uso de equações. Por outro lado, quando não se usa as equações para expor conceitos, o aluno é instigado a construir a sua percepção intuitiva do fenômeno, o seu modelo da situação. De posse de uma percepção intuitiva sobre determinado conteúdo, o aluno terá mais facilidade em entender os modelos científicos relacionados a esse tema; e em particular perceber esses modelos como uma construção humana, e desse modo como algo facilitador da aprendizagem significativa.

Estes Objetos de aprendizagem foram construídos para atender dos Editais do Programa de Apoio a Pesquisa em Educação a Distância (PAPED) , através de convênio específico entre a Secretaria de Educação a Distância (SEED), o Ministério da Educação e Cultura (MEC) e o Núcleo Virtual de Objetos de Aprendizagem da Universidade Federal da Paraíba (NOA-UFPB). Suas interfaces podem ser apreciadas clicando-se sobre o botão escolhido no OA. Veja o infográfico da Figura 28.

Figura 24 – Infográfico das interfaces do Objeto de Aprendizagem Ciclo de Otto.



Fonte: NOA/UFPB.

Para Tavares (2008), uma forma seria a utilização conjugada de Mapas Conceituais e Animações Interativas. Usando-se uma teoria científica aceita pela comunidade para explicar determinado fenômeno da natureza, pode-se disponibilizar uma animação interativa que simule a dinâmica da realidade considerada. O processo inferencial em seus aspectos cognitivos envolve a execução de um modelo mental. Considerando a representação em um dado instante de tempo do fenômeno analisado, o aprendiz deve ser capaz de elaborar uma dinâmica para o modelo mental que construiu na representação. O que possibilita entender as operações de sistemas determinísticos, tais como, os sistemas termodinâmicos. Facilitando a habilidade de inferir o estado de um componente de um sistema, quando fornecidas informações sobre os estados dos outros componentes desse sistema. Gerando a possibilidade de maior entendimento das relações entre estas variáveis.

Por outro lado, cada conceito de um Mapa Conceitual poderá ser detalhado verbalmente e explicitado visualmente através da animação conveniente. O Mapa Conceitual pode atuar como estruturador global do conhecimento que esteja sendo estudado com determinada abrangência e a animação interativa irá examinar cada tópico (ou conceito) do conteúdo passível de ser modelado.

Outra possibilidade seria acessar a interface Saiba Mais, podendo ser considerada como um hipertexto. O qual ganhou espaço na educação *on-line*, que segundo Bianconcini (2011) “o foco não é a tecnologia em si, mas a atividade

realizada por meio da tecnologia, caracterizada pela diversidade de mídias, tais como, palavras, imagens, gráficos, sons, entre outros”.

O uso do Saiba Mais rompe com as sequências estáticas e lineares de caminho único, com início, meio e fim pré-fixados. Existe um conjunto de possibilidades informacionais sobre os diversos conceitos, princípios e Leis trabalhadas na Termodinâmica. O que permite a cada aprendiz interligar as informações, segundo seus interesses e necessidades momentâneos, navegando e construindo suas próprias sequências e rotas. Outra opção está voltada para o levantamento da linha do tempo e da fenomenologia dos avanços da Física ao longo da História. Estas Informações podem ser acessadas na interface Saiba Mais (Contexto Histórico). A mesma como atividade prática, permite a cada aprendiz um retorno automático, ainda que mentalmente, no espaço-tempo. Oportunidade de reflexão e produção de significados, gerando possibilidades de reconstruir a História de forma crítica. Onde cada aprendiz direciona a assimilação das informações sobre os acontecimentos com os quais está interagindo, interiorizando-as e transformando-as.

Portanto, é possível evidenciar como os processos, assim como, os resultados, se diferenciam de indivíduo para indivíduo e de um contexto para outro.

INVESTIGANDO A DINÂMICA
DA CONSTRUÇÃO DO
CONHECIMENTO CIENTÍFICO
POR APRENDIZES EM SALA DE
AULA

4 INVESTIGANDO A DINÂMICA DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO POR APRENDIZES EM SALA DE AULA

4.1 INTRODUÇÃO

Com este experimento, desejou-se desenvolver uma metodologia construtivista inovadora, em que a cooperação virtual, através do uso dos objetos de aprendizagem, venha apoiar efetivamente, o processo de desenvolvimento cognitivo do aprendiz, como forma de alcançar níveis satisfatórios na construção dos conceitos da Física, sob a ótica da Aprendizagem Significativa ausubeliana.

Seu ineditismo está imposto sob dois pontos de vista basilares. Uma quebra com a concepção tradicional da aprendizagem e o outro, decorrente deste, a inclusão da pesquisa científica educativa e as Teorias Psicológicas Construtivistas no processo educativo.

Sua potencialidade atrela-se com a interação cotidiana de novas tecnologias que obriga ao acompanhamento do ritmo acelerado da emergente sociedade complexa. Estas exigem e levam a novas metas e contextos de aprendizagem.

Os suportes de informações atuais com suas tecnologias de armazenamento, distribuição e difusão da informação geram novas possibilidades de conceber e implementar o ensino e a aprendizagem.

Neste referencial de trabalho, o eixo temático a ser desenvolvido foi o da Termodinâmica e, especificamente, os conceitos trabalhados nas disciplinas de Física Teórica como suporte científico para os cursos de Tecnologia e Engenharia oferecidos no Ensino Superior do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB).

Ao se tratar a problemática que versa sobre os componentes da aprendizagem, nas vertentes, processos, condições e resultados, foi tomado como referência o descrito por Pozo (1990, p. 66): “Toda a situação de aprendizagem, implícita ou explícita, espontânea ou induzida através da instrução, pode ser analisada a partir dos seus componentes básicos”. Para este autor são basilares as afirmações:

- Os processos de aprendizagem, ou como se produzem essas mudanças, mediante mecanismos cognitivos que se referem à

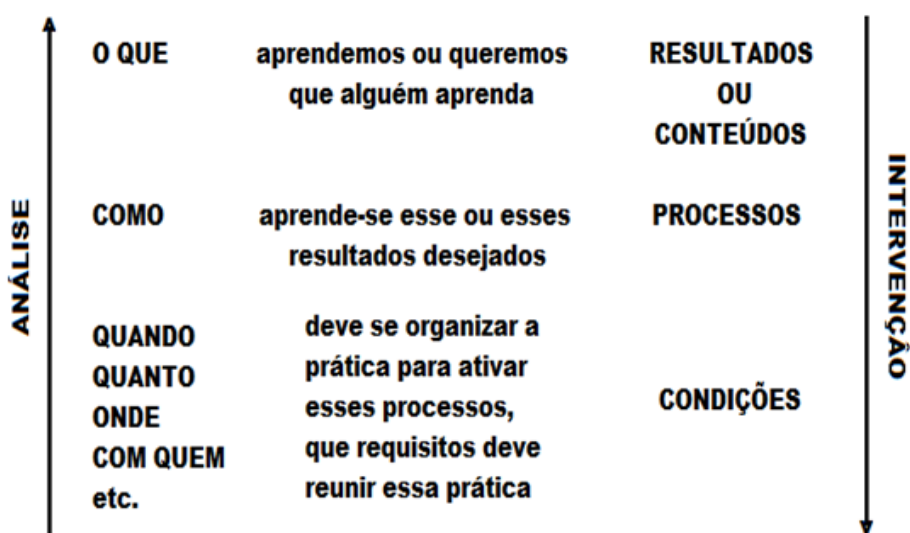
atividade mental da pessoa que está aprendendo, é que tornam possíveis essas mudanças.

- As condições de aprendizagem, ou o tipo de prática que ocorre para por em marcha esses processos de aprendizagem.
- Os resultados da aprendizagem, também chamados conteúdos, que consistem no que se aprende. Ou seja, a partir das características anteriores o que muda como consequência da aprendizagem.

Pensamentos sintetizados por diversos autores, como por exemplo, R. Gagné (1987); Reigeluth (1983); Rescorla (1980); Romero (1995).

Na lógica de seguir o pensamento destes autores e considerando a sua compatibilidade com o pensamento ausubeliano, destacou-se o esquema de aprendizagem proposto por Pozo (1990) descrito na Figura 25, elencando seus principais componentes. Assim como, as vias de análise e intervenção nos problemas de aprendizagem.

Figura 25 – Esquema de aprendizagem proposto por Pozo (1990).

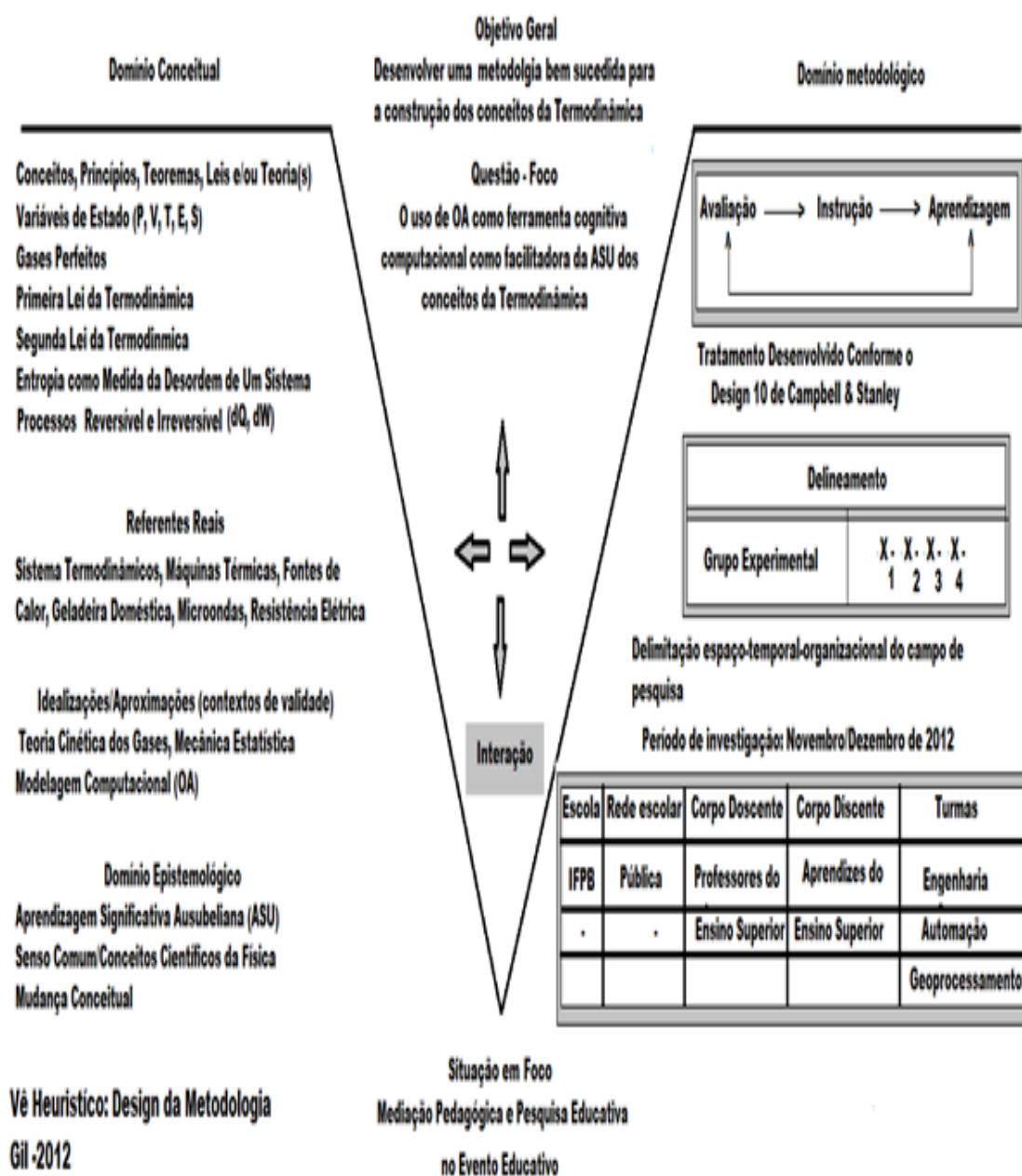


Fonte: Pozo, 1990.

4.2 DESIGN EXPERIMENTAL

Como forma de ofertar uma visão panorâmica de uma intervenção referenciando as reflexões supracitadas, disponibilizou-se, um Diagrama V para o Design Experimental deste Trabalho.

Figura 26 – Diagrama V para o design da metodologia da construção dos conceitos da Termodinâmica.



Fonte: Dados da pesquisa.

4.3 ELABORAÇÃO , ANÁLISE E VALIDAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE PESQUISA

4.3.1 Evidenciando o processo de avaliação

Do ponto de vista da pesquisa, tem se argumentado, qual a melhor técnica para investigar e avaliar o conhecimento do aprendiz em determinado eixo temático. Seus subsunçores, suas concepções alternativas, seus modelos mentais, que vão do cotidiano ao científico, seu campo conceitual suas habilidades cognitivas, como também, seu raciocínio científico. Enfim, seus conteúdos conceituais, procedimentais, atitudinais e seus métodos, princípios e estratégias, entendendo como tal, o fato de que são subjacentes a tudo quanto o que é feito. Na ótica do ensino em sala de aula torna-se inviável se argumentar um instrumento único. Portanto, neste Trabalho foi edificado um tratamento continuado, com o auxílio de ferramentas validadas por especialistas a serem utilizadas na medida em que forem necessárias.

O processo avaliativo buscou encontrar dados e informações seguras, confiáveis e fidedignas para uma análise da metodologia seguida ao longo do estudo.

Como instrumento de avaliação deve atender a alguns critérios pré-concebidos podendo ser citados, validade de seus resultados, metas ou superposições de metas seguidas para determinado fim, critérios e contextos em que serão utilizados em face de sua aplicabilidade e funcionalidade.

Para atender as especificidades inerentes a um processo, os dados foram mapeados no início, durante e após o tratamento.

4.3.2 Referencial para um modelo de pré-teste explorando a Taxonomia de Bloom Revisada

Ao se pensar na análise da eficácia da instrução ofertada neste processo, se requer uma ferramenta que possibilite uma medida do que foi conseguido, que os aprendizes realmente aprendam. Levando-se em consideração não apenas o saber disciplinar que deve ser ensinado, mas também, as características do conhecimento

e do procedimento cognitivo utilizado ao aprender. Aspectos previstos na Taxonomia de Bloom Revisada que serviram de base para construção desta ferramenta.

Para uma visão panorâmica que sirva de referencial neste ponto da pesquisa, optou-se por seguir a fundamentação descrita por Ferraz; Belhot (2010) e Bloom et al. (1976), referenciada a seguir:

Taxonomia é um termo bastante usado em diferentes áreas, sendo difundida de forma generalizada na literatura atual, como a ciência de classificação, denominação e organização de um sistema pré-determinado e que tem como resultante um *framework* conceitual para discussões, análises e/ou recuperação de informação.

Muitos são os instrumentos existentes para apoiar o planejamento didático-pedagógico, a estruturação, a organização, a definição de objetivos instrucionais e a escolha de instrumentos de avaliação. A Taxonomia de Bloom Revisada é um desses instrumentos, cuja finalidade é auxiliar a identificação e a declaração dos objetivos ligados ao desenvolvimento cognitivo. Que no contexto deste Trabalho, engloba a aquisição do conhecimento, competência e atitudes, visando facilitar o planejamento do processo de ensino e aprendizagem. Embora este seja um instrumento adequado para utilização no ensino superior, poucos educadores fazem uso dele, por não conhecerem uma maneira adequada de utilizá-lo. Neste Trabalho o objetivo foi usar a Taxonomia de Bloom Revisada e as modificações ocorridas nos últimos anos, dentro do contexto do ensino de Engenharia e Tecnológico.

Em 2001, Dr. Lorin Anderson, um antigo aluno de Bloom e seus colegas publicaram uma versão atualizada da Taxonomia de Bloom, que considerava uma gama maior de fatores que afetavam o ensino e a aprendizagem. Essa taxonomia revisada tentava corrigir alguns problemas da taxonomia original. Diferentemente da versão de 1976, a então chamada Taxonomia de Bloom Revisada, diferencia o “*saber o quê*” (o conteúdo do raciocínio), do “*saber como*” (os procedimentos para resolver problemas). A Taxonomia de Bloom Revisada consiste em um método de classificação de comportamentos importantes para o aprendizado. Trata-se de uma tabela bidimensional, onde sua estrutura possui uma forma hierárquica que vai do mais simples ao mais elaborado, proporcionando o desenvolvimento de atividades, que vão crescendo em complexidade até atingir os níveis mais altos. Essa classificação inclui as categorias descritas no Quadro 5, onde as colunas elencam a dimensão do domínio cognitivo e as linhas, a dimensão do conhecimento.

Quadro 5 – Demonstrativo da Matriz bidimensional da Taxonomia de Bloom Revisada.

Dimensão do Conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos					
	1. lembrar	2. compreender	3. aplicar	4. analisar	5. avaliar	6. criar
A. Conhecimento factual						
B. Conhecimento conceitual						
C. Conhecimento procedimental						
D. Conhecimento metacognitivo						

Fonte: Tradução de *The placement in the Taxonomy Table of the State of Minnesota's Language Arts Standard for Grade 12.*

Para melhor entendimento foi disponibilizada uma análise detalhada dos elementos de cada dimensão. Inicialmente, referenciando a dimensão do conhecimento em suas variáveis descritas no Quadro 6.

Quadro 6 – Demonstrativo da dimensão do conhecimento e suas categorias.

Dimensão do Conhecimento	A. Conhecimento factual	B. Conhecimento conceitual	C. Conhecimento procedimental	D. Conhecimento metacognitivo
--------------------------	----------------------------	-------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

Fonte: Tradução de *The placement in the Taxonomy Table of the State of Minnesota's Language Arts Standard for Grade 12.*

A dimensão do conhecimento é o “*saber o quê*” e está fundamentada de forma reducionista conforme o descrito.

O conhecimento factual inclui elementos isolados de informação, como definições de vocabulário e conhecimentos de detalhes específicos.

O conhecimento conceitual consiste em sistemas de informação, como classificações e categorias.

O conhecimento procedimental (saber como fazer) inclui algoritmos ou método empírico, técnicas e métodos, bem como o conhecimento sobre quando usar esses procedimentos.

O conhecimento metacognitivo (refletir sobre o que se sabe) refere-se ao conhecimento dos processos cognitivos e das informações sobre como manipular esses processos de forma eficaz.

A dimensão do domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom Revisada (2001), como na versão original (1976), possui seis capacitações. Da mais simples a mais complexa, descritas no Quadro 6.

Quadro 7 – Referencial dos níveis e objetivos da dimensão cognitiva da Taxonomia de Bloom Revisada.

Níveis	Objetivos
Conhecimento	Lembrar informações sobre: fatos, datas, palavras, teorias, métodos, classificações, lugares, regras, critérios, procedimentos, etc.
Compreensão	Entender a informação ou o fato, captar seu significado, utilizá-la em contextos diferentes.
Aplicação	Aplicar o conhecimento em situações concretas.
Análise	Identificar as partes e suas inter-relações.
Síntese	Combinar partes não organizadas para formar um todo.
Avaliação	Julgar o valor do conhecimento.

Fonte: NOA - Objetos de aprendizagem: uma proposta de recurso pedagógico – MEC/SEED, 2007.

De forma complementar foram traçados no Quadro 7 alguns comentários elucidativos das dimensões dos processos cognitivos.

Quadro 8 – Comentários elucidativos das dimensões dos processos cognitivos referenciados na Taxonomia de Bloom Revisada.

Dimensão dos processos cognitivos	
Lembrar	Consiste em reconhecer e recordar informações importantes da memória de longa duração.
Compreender	Capacidade de fazer sua própria interpretação do material educacional, como leituras e explicações do professor. As sub capacitações desse processo incluem interpretação, exemplificação, classificação, resumo, conclusão, comparação e explanação.

Aplicar	Refere-se a usar o procedimento aprendido em uma situação familiar ou nova.
Analisar	Consiste em dividir o conhecimento em partes e pensar como essas partes se relacionam com a estrutura geral. A análise dos alunos é feita por meio de diferenciação, organização e atribuição.
Avaliar	Engloba verificação e crítica. Considerado o item mais avançado da taxonomia original,
Criar	Conecta elementos para dar origem a algo novo. Para conseguir criar tarefas, os alunos geram, planejam e produzem. É o principal componente da nova versão

Fonte: Dados da pesquisa.

Segundo esta Taxonomia, cada nível de conhecimento pode corresponder a um nível de processo cognitivo. Portanto, o aluno pode lembrar um conhecimento factual ou procedimental, entender o conhecimento conceitual ou meta cognitivo ou analisar o conhecimento meta cognitivo ou factual.

4.3.3 Instrumento construído e validado a ser utilizado como pré-teste e pós-teste

Nesta etapa, a preocupação foi após elaborar um conjunto de questões no eixo temático Termodinâmica, submetê-lo a apreciação por professores que atuam no Ensino Superior nos referentes cursos Tecnológico e de Engenharia do IFPB. E promover a validação do mesmo, na direção do mapeamento da posse dos conceitos da Física no referido eixo temático. Levou-se em consideração uma das ideias centrais do enfoque construtivista ausubeliano, sobre a construção do conhecimento, isto é, a premissa que abre a Psicologia Educativa de Ausubel; Novak; Hanesian (1980, p. 1): “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educativa a um só princípio, enunciaria este: o fator mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Averigüe isto e ensine em consequência”. Dentro das várias técnicas para averiguar os conhecimentos prévios que os alunos

trazem para a sala de aula (quer em conhecimentos gerais, quer dentro de um eixo temático específico), uma forma já reconhecida é a aplicação de testes conceituais de compreensão (construídos e validados). Vários trabalhos que versam sobre a forma de como estes testes devem ser elaborados e a análise dos resultados obtidos, pode ser citada na área de ensino aprendizagem de Física (LORD; NOVICK, 1968; AXT, 1986; HELLMAN, 1989; SILVEIRA, 1992 MOREIRA; SILVEIRA, 1993).

Como suporte para a construção dos testes de compreensão a serem utilizados para o mapeamento da posse dos conceitos da Física, no eixo temático Termodinâmica, por aprendizes integrantes do campo de pesquisa, construiu-se um banco de dados, composto de itens elaborados na forma de questões de múltipla escolha e de assertivas, que incluem os conhecimentos científicos de Física e pontos que se cruzam com concepções cotidianas que envolvem conhecimentos construídos à luz do senso-comum. Na estrutura interna dos testes, evitou-se a importância exagerada da aplicação direta de fórmulas, pois o objetivo é mapear e investigar o uso e a construção dos conceitos da Física sob a ótica da Taxonomia de Bloom Revisada (TAVARES, 2006). No entanto, não se visou apenas um enfoque conceitual ao extremo, a ponto de se deixar de lado a importância do cálculo na resolução de problemas na Física. Para isto, foi levado em consideração o trabalho de Hellman (1989), que apresenta um estudo comparando a capacidade dos aprendizes em perguntas conceituais e não conceituais (perguntas que implicam unicamente a substituição de valores em fórmulas que exigem apenas o uso de conhecimentos memorizados) em exames de Física.

Portanto, atentou-se em conduzir a elaboração do banco de dados e posteriormente, do teste utilizado para mapeamento dos conceitos da Física nas diversas etapas do experimento, com fatores distintos que permitem transparecer importantes informações adicionais sobre as potencialidades dos aprendizes, em capacidades ou conhecimentos que podem estar relacionados, mas não distintos. Por exemplo: determinado aprendiz pode dominar o conceito de calor, mas desconhecer totalmente a diferença conceitual entre calor e temperatura. O que em uma aplicação cotidiana geraria possibilidades de não coerência entre teoria e prática. Estas ponderações são significativas por revelarem que não se pode avaliar os conhecimentos atribuindo um escore ao teste como um todo. Pois, é possível que o aprendiz obtenha sucesso em grande parte do conhecimento que foi avaliado, mas

que ainda não possua os conhecimentos decorrentes destes. Outro aspecto levantado por Ausubel; Novak; Hanesian, (1980, p.122) refere-se aos testes de compreensão relativos à solução de problemas que requeiram a utilização dos conceitos da Física. O mesmo alerta “que estes deverão no mínimo, serem apresentados num contexto um pouco diferente daquele em que o material de aprendizagem foi originalmente encontrado”. Evitando com isto, que a solução por parte dos aprendizes possa ser efetivada utilizando apenas conceitos memorizados mecanicamente, mas que visem a uma solução criativa de problemas. Pois, esta é em geral, uma maneira válida de testar se os aprendizes compreendem realmente as ideias que são capazes de verbalizar. Nesta prática, uma solução bem-sucedida do teste requer muitas outras capacidades e qualidades, poder de raciocínio, flexibilidade, improvisação, sensibilidade de problemas e astúcia técnica, para compreender e aplicar com êxito, os conceitos e princípios da Física necessários à solução do problema com sucesso. Assim, deve-se ter um cuidado pormenorizado ao se elaborar as questões, de modo que sirvam como elementos para a evidenciação da Aprendizagem Significativa. Seja através de questionamento verbal ou em tarefas de solução de problemas. Portanto, fez-se necessário a construção e validação de um banco de dados dos testes inicial e final, onde se utilizou a sequência das seguintes etapas:

Elaboração do banco de dados com questões para compor os testes inicial e final.

Apreciação e validação das questões contidas no banco de dados por três Professores integrantes da área onde estão alocados os conhecimentos de Termodinâmica (Apêndice D). Sendo um Professor Doutor do Departamento de Física do IFPB, atuante no ensino aprendizagem de Física. Um Professor Doutor pertencente ao Departamento de Automação Industrial do IFPB, atuando como docente nos cursos de Automação Industrial e Engenharia Elétrica e um Professor Doutor externo à Instituição, pertencente ao Programa de Pós-Graduação do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR).

Após a apreciação das sugestões dos Especialistas que validaram o instrumento foram analisadas e incorporadas as modificações, resultando em um pré-teste/pós-teste, a serem utilizados na obtenção de parâmetros necessários à

análise da evolução da posse dos conceitos, pelos aprendizes ao longo do experimento (Apêndice D).

4.3.4 Validando os Objetos de Aprendizagem

Uma ferramenta basilar deste estudo foi a utilização dos Objetos de Aprendizagem considerados como uma ferramenta cognitiva computacional facilitadora para a construção dos conceitos da Termodinâmica. À qual subjaz a reusabilidade de sua aplicabilidade no universo da Tecnologia e Engenharia atual.

Como os OA's utilizados estrategicamente integram o Repositório da Rede Interativa Virtual de Educação (RIVED) ficou a cargo deste Órgão a sua validação. No Apêndice F o mesmo pode ser visto na íntegra, contendo o modelo exigido e as informações para a validação dos OA's.

4.4 IMPLEMENTANDO UMA METODOLOGIA CONSTRUTIVISTA INOVADORA

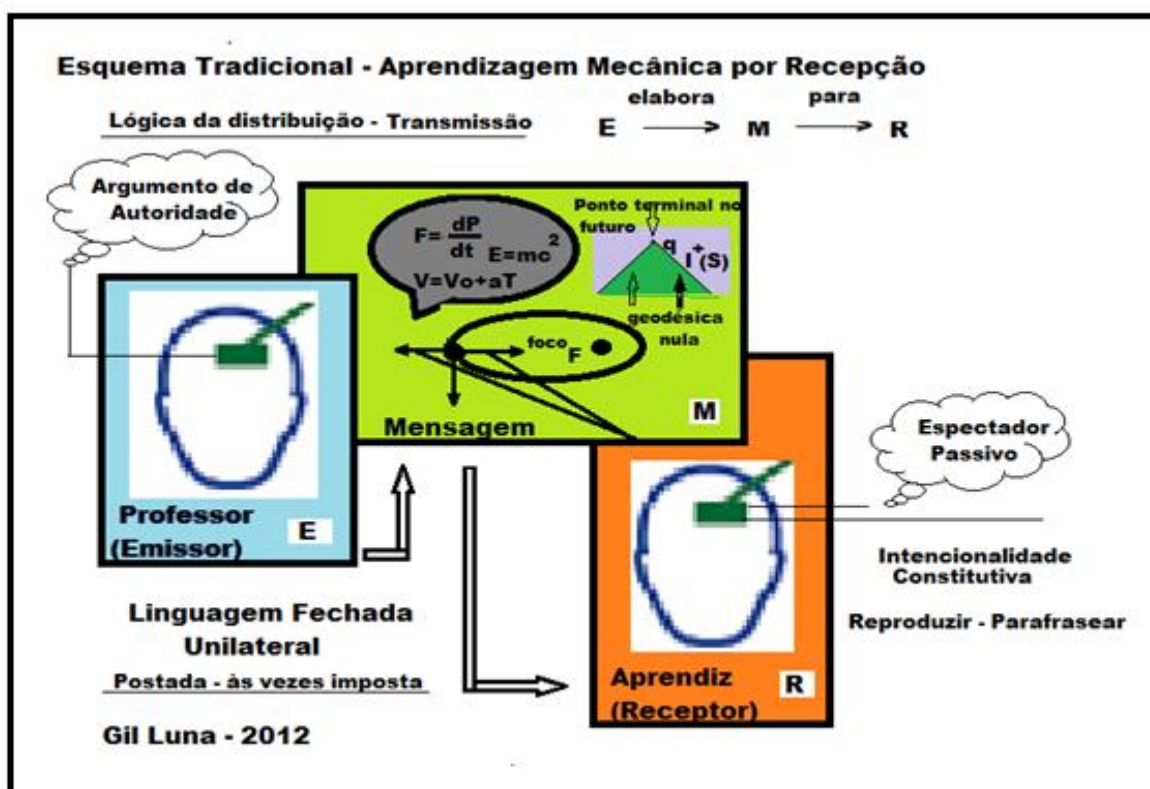
Neste referencial de trabalho as atividades foram desenvolvidas paralelamente, embora distintas entre si. Onde foram considerados dois grupos, um de controle e outro experimental. Tendo o primeiro como ferramenta para a construção do conhecimento, uma metodologia tradicional, centrada em aulas expositivas. Na qual o professor assume a posição central do processo de ensino aprendizagem.

O segundo grupo teve um tratamento diferenciado, submetido ao que se considera um dos pontos chave desta Tese, denominada de metodologia inovadora. Segundo o pensamento de Marco Silva (2010) demanda como modalidade educacional, as potencializadas pelas tecnologias digitais inerentes à Cibercultura na sociedade da informação. Entenda-se como fenômeno da Cibercultura, o conjunto imbricado de técnicas, práticas, atitudes, modos de pensamentos e valores, juntamente com o conhecimento do ciberespaço. Novo ambiente comunicacional que surge com a interconexão mundial de computadores e suas memórias, linguagens imagéticas e computacionais. Suporte de trocas de informação a partir do início do século XXI.

Nas Figuras 27 e 28 foram disponibilizados dois modelos ilustrativos das potencialidades de uma metodologia. Um para um esquema tradicional de

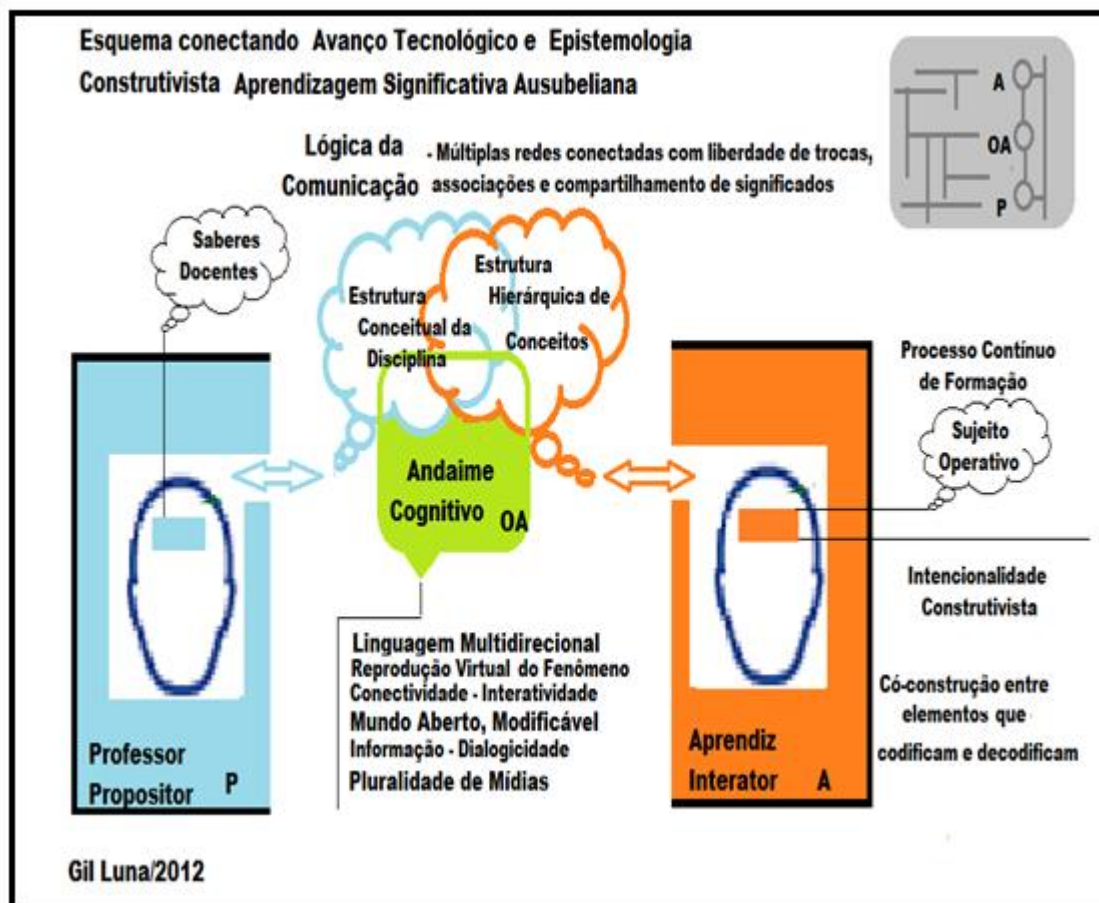
aprendizagem e outro, contemplando uma estratégia didática enriquecida pela TICE. Gerando possibilidades para um paralelo entre os dois modelos.

Figura 27 – Esquema Tradicional da Aprendizagem Mecânica por Recepção.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 28 – Esquema conectando o avanço tecnológico e a epistemologia construtivista na Aprendizagem Significativa ausubeliana.



Fonte: Dados da pesquisa.

O modelo a que se refere a Figura 27 enfatiza uma metodologia tradicional. Na qual os conceitos são apresentados de forma direta, linear e unidirecional. Com pouca interatividade da tríade professor-aprendiz-conhecimento científico. Este modelo favorece uma aprendizagem mecânica.

Outra forma de edificar a organização educacional consiste em edificar os momentos de aprendizagem em sala de aula, em atividades inovadoras, centradas nas potencialidades da multimídia interativa. Modelo descrito na Figura 28. Onde professores e alunos ingressam em um universo enriquecido pelas TICS, como parte integrante da metodologia. Conexão de diversas contribuições, reprodutibilidade mecânica de modelos da natureza, representação imagética dinâmica, linguagem audiovisual, entre outras. Podendo flexibilizar e organizar a construção do conhecimento de forma não linear. Aumentando as possibilidades do

aprendiz de gerar significados de forma compartilhada, a partir da exploração dos modelos e simulações, privilegiando percepções subjetivas.

4.4.1 Design da pesquisa experimental correlacional entre uma metodologia tradicional (grupo de controle) e uma metodologia inovadora (grupo experimental)

Como forma de organização do processo de pesquisa implementada neste estudo, fez-se necessário uma descrição da sequência de ações, onde se apresentou o objeto de estudo e a hipótese de pesquisa que guiaram a realização deste Trabalho. Em seguida, descreveu-se a metodologia desenvolvida na verificação dessa hipótese. A qual foi denominada como o Design da pesquisa.

Nesta seção tomou-se como referência, uma adaptação do sistema de símbolos usado originalmente por Campbell, D. T.; Stanley, J. C. (1996, p. 149), descrito no Quadro 9.

Quadro 9 – Uma adaptação do sistema de símbolos usado originalmente por Campbell, D. T.; Stanley, J. C., (1996, p. 149).

Design de pesquisa	Grupo Experimental	$O_1 \times O_2 \times O_3 \times O_4$
Sequência de ações	Grupo de Controle	$O'_1 \times O'_2 \times O'_3 \times O'_4$

Fonte: Dados da pesquisa.

O Universo de Pesquisa foi o Ensino Superior do IFPB nos referentes ao Ensino de Física como base científica para os cursos de Engenharia e Tecnologia. E teve como Amostra, um subconjunto composto por elementos integrantes das turmas de Física, alocados na Coordenação de Ciências Exatas da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (CCNMT), do ano letivo de 2012 dessa Instituição.

Para a Amostra (parte representativa), considere o subconjunto formado por parte da população em estudo, descrito no Quadro 10.

Quadro 10 – Demonstrativo da amostra dos participantes do estudo correlacional entre o grupo de controle e experimental.

Amostra	Grupo Experimental	Grupo Controle
Nº de Aprendizes	22	21
Turma	Engenharia Elétrica- 2012.2	Geoprocessamento/ Automação- 2012.2
Disciplina	Física Geral 1	Física Aplicada
Docente	01	01
Eixo Temático	Termodinâmica	Termodinâmica
Lotação: Coordenação de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN/IFPB- Sede)		

Fonte: dados da pesquisa.

Logo após, disponibilizou-se uma visão pormenorizada da trajetória seguida, ao longo da edificação do estudo. Onde se traçaram de forma específica, as atividades nos referentes, grupo de controle e grupo experimental.

O Grupo de Controle foi formado pelos aprendizes descritos no Quadro 9. Submetidos às atividades diferenciadas em um período de sete horas, que se detalhou a seguir.

O₁' – Aplicação do Pré-Teste (1º Encontro)

Nesta etapa foi feita a aplicação do Pré-Teste, material disponível para apreciação. Eixo Temático: Termodinâmica

Nº de aprendizes: 21

Local de Aplicação: Laboratório de Física (F₁) do IFPB

Duração: 1h

Objetivo: Mapear na fase inicial do tratamento a posse dos conhecimentos prévios dos aprendizes no eixo temático Termodinâmica.

O₂' – Aula expositiva tradicional no eixo temático Transformações Termodinâmicas.

Nº de aprendizes: 21

Local de Aplicação: Laboratório de Física (F₁) do IFPB

Duração: 2h

O₃' – Aula expositiva tradicional no eixo temático 1ª Lei da Termodinâmica e 2ª Lei da Termodinâmica.

Nº de aprendizes: 21

Local de Aplicação: Laboratório de Física (F₁) do IFPB

Duração: 3h

Objetivo: Transmitir os conhecimentos das Transformações Termodinâmicas visando propiciar a compreensão e o amadurecimento necessários para aplica-los de forma apropriada na solução de problemas e em situações cotidianas.

O₄' – Aplicação do Pós-teste (4º Encontro)

Nesta etapa foi feita a aplicação do Pós-Teste (material idêntico ao Pré-teste) disponível para apreciação.

Eixo Temático: Termodinâmica

Nº de aprendizes: 21

Local de Aplicação: Laboratório de Física (F₁) do IFPB

Duração: 1h

Objetivo: Transmitir os conhecimentos da 1ª e 2ª Leis da Termodinâmica visando propiciar a compreensão e o amadurecimento necessários para aplica-los de forma apropriada na solução de problemas e em situações cotidianas.

O Grupo Experimental foi submetido a um tratamento diferenciado. Onde foi elaborada uma série de atividades utilizando como suporte para a construção do conhecimento, a ferramenta cognitiva computacional que integra três OA's construídos por Especialistas do NOA – UFPB. O tratamento foi desenvolvido ao longo de sete encontros sequenciais. A Amostra encontra-se citada no Quadro 9 e as atividades são descritas a seguir.

O₁ – Aplicação do Pré-Teste (1º Encontro)

Nesta etapa foi feita a aplicação do Pré-Teste, material disponível para apreciação.

Eixo Temático: Termodinâmica

Nº de aprendizes: 22

Local de Aplicação: Laboratório de Física (F₁) do IFPB

Duração: 1h

Objetivo: Mapear na fase inicial do tratamento a posse dos conhecimentos prévios dos aprendizes no eixo temático Termodinâmica.

- ⇒ Opção necessária, pois a posse destes conceitos nesta fase inicial, vai se refletir de forma relevante, como ponto de ancoragem para a Aprendizagem Significativa dos conceitos da Física a serem posteriormente construídos, especificamente, por Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa. Que compõem o eixo central da Aprendizagem Significativa ausubeliana, no referente, Processo de Assimilação.

O₂ – Construção dos subsunçores pelos aprendizes em sala de aula (2º Encontro)

Nesta etapa foi apresentado o OA – Transformações Termodinâmicas, disponível para apreciação e uso dos aprendizes.

Nº de aprendizes: 22

Local de Aplicação: Laboratório de Física (F₁) do IFPB

Duração: 2h

Objetivo: Facilitar a construção dos subsunçores no eixo temático Termodinâmica.

Processo mediado

- ⇒ Apreciação e uso dos Objetos de Aprendizagem construídos por especialistas no eixo temático Termodinâmica, tutorial, reprodução virtual do fenômeno, interfaces constitutivas, na forma de hipermídia.
- ⇒ Intervenção do professor (tutor).
- ⇒ Primazia para a conectividade e a interatividade.

O₃ – Construção do conhecimento pelos aprendizes em sala de aula (3º Encontro)

Nesta etapa foram apresentados os OA's – 1ª Lei da Termodinâmica e 2ª Lei da Termodinâmica disponível para apreciação e uso dos aprendizes.

Nº de aprendizes: 22

Local de Aplicação: Laboratório de Física (F₁) do IFPB

Duração: 3h

Objetivo: Facilitar a construção dos conceitos científicos da Física no eixo temático Termodinâmica.

Processo mediado

- ⇒ Apreciação e uso dos Objetos de Aprendizagem construídos por especialistas no eixo temático, Tutorial, reprodução virtual do fenômeno, interfaces constitutivas, na forma de hipermídia.
- ⇒ Intervenção do professor (tutor).
- ⇒ Primazia para a conectividade e a interatividade.

O₄ – Aplicação do Pós-teste (4º Encontro)

Nesta etapa foi feita a aplicação do Pós-Teste (material idêntico ao Pré-teste) disponível para apreciação.

Eixo Temático: Termodinâmica

Nº de aprendizes: 22

Local de Aplicação: Laboratório de Física (F₁) do IFPB

Duração: 1h

Objetivo: Mapear na fase final do tratamento a posse dos conhecimentos prévios dos aprendizes no eixo temático Termodinâmica.

- ⇒ Opção necessária, pois a posse destes conceitos nesta fase final vai se refletir de forma relevante, como dados para validação ou não, da hipótese de pesquisa.

Contexto: Estrutura modular desenvolvida sequencialmente com estratégias didáticas centradas no Evento Educativo. Na direção de promover a convergência necessária entre o uso da ferramenta cognitiva computacional OA e a construção dos conceitos da Física pelos aprendizes partícipes do tratamento.

Centradas nestes princípios derivam as indagações:

- ⇒ Qual a função do material apresentado na forma de Objeto de Aprendizagem?
- ⇒ Qual o papel do professor neste processo? Perspectiva como elementos de mediação subjacentes a TAS de David Ausubel.

No referente à função do material deve-se atentar para a importância de não considerar na escola, a construção do conhecimento como processo individual do aluno. Efetivamente, os conteúdos a serem trabalhados já possuem um grau

elevado de elaboração. Reflexos de estarem atrelados às disciplinas acadêmicas, que de certa forma, são resultados de um processo cultural. Para Coll; Valls (1992) “Professores e alunos já encontram em boa parte estes conteúdos elaborados e definidos”. No entanto, não se pode desconsiderar a premissa ausubeliana de que o material a ser ofertado seja potencialmente significativo, isto é, relacionável à estrutura cognitiva de cada aprendiz. Neste ponto torna-se relevante as idiosincrasias e os ritmos diferenciados de cada aprendiz. Não se trata de omissão sequencial das ementas de cada disciplina. Mas sim, de um ajuste às diversidades surgidas ao longo de sua efetivação.

Esta trilha leva diretamente ao tema do papel do professor no processo de construção de conhecimento pelos aprendizes. Onde se admitindo as considerações precedentes sobre a natureza e as funções da educação escolar, e sobre as características que os aprendizes deverão construir na escola, já não é mais possível limitar unicamente o papel do professor à transmissão do conhecimento. É cabível ao mesmo, a organização de atividades e situações de aprendizagens suscetíveis ao favorecimento de uma atividade mental construtiva, rica e diversa de seus aprendizes. O papel do professor aparece, de repente, como mais complexo e decisivo. Já que, além de favorecer seus aprendizes com uma atividade desse tipo, em uma perspectiva de educação formal, ele deverá orientá-la e guiá-la na direção assinalada pelas exigências dos eixos temáticos desenvolvidos nas diversas disciplinas acadêmicas. Para Coll; Valls (1992), aceitar que a incidência do ensino sobre os resultados da aprendizagem, mediatizada pela atividade mental construtivista dos aprendizes, obriga a substituir a imagem clássica do professor como mero transmissor de conhecimentos, pela imagem do professor como orientador ou guia. cuja missão consiste em encadear os processos de construção dos aprendizes na direção determinada como compartilhamento de significados.

Ao se tratar esta perspectiva de superar tais obstáculos, torna-se clara a inclusão da Pesquisa Educativa no processo de ensino aprendizagem.

4.5 APRECIÇÃO E USO DOS OBJETOS DE APRENDIZAGEM NA CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DA FÍSICA POR APRENDIZES EM SALA DE AULA

O presente material foi construído como uma ferramenta didática com base nas novas tecnologias, para motivar a aprendizagem significativa através do uso de textos eletrônicos, mapas conceituais e animações interativas. Foram abordadas as temáticas, Transformações Termodinâmicas (Organizador Prévio) e Primeira e Segunda Lei da Termodinâmica, por sua relevância na explicação de vários fenômenos cotidianos.

A intenção desse conjunto de OA's é introduzir o aprendiz na estruturação conceitual de cada um dos temas apresentados. Eles tendem a aguçar a curiosidade do aluno e instigar a sua intuição, de modo a facilitar a construção pessoal de significados sobre cada um dos assuntos abordados.

Evitou-se a utilização de fórmulas e equações para a descrição dos fenômenos e construção dos modelos pertinentes. Essa escolha, porém, tem um duplo viés: por um lado, mostrar que apesar da Matemática ser de grande importância para expressar e elaborar os conceitos de Física, se pode expor as facetas qualitativas desses conceitos, sem o uso de equações. Por outro lado, quando não se usa as equações para expor tais conceitos, o aprendiz é instigado a construir a *sua* percepção intuitiva do fenômeno, ou seja, o *seu* modelo da situação.

Já de posse de uma percepção intuitiva sobre determinado conteúdo, o aprendiz terá mais facilidade para entender os modelos científicos relacionados ao tema em questão. E em particular, perceber esses modelos como uma construção humana e desse modo, como algo mais peculiar.

Parte desses objetos apresentados foi construída para concorrer aos Editais do PAPED, do RIVED e outros Órgãos, através de convênio específico entre a Secretaria de Educação a Distância do Ministério da Educação e Cultura e a Universidade Federal da Paraíba.

ANALISANDO
CRITICAMENTE O ALCANÇE,
OS MÉTODOS, OS RECURSOS E
O MODELO PARA CHEGAR
CRIATIVAMENTE A UMA
MELHORIA DO PROCESSO DE
ENSINO-APRENDIZAGEM

5 ANALISANDO CRITICAMENTE O ALCANCE, OS MÉTODOS, OS RECURSOS E O MODELO PARA CHEGAR CRIATIVAMENTE A UMA MELHORIA DO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM

5.1 INTRODUÇÃO

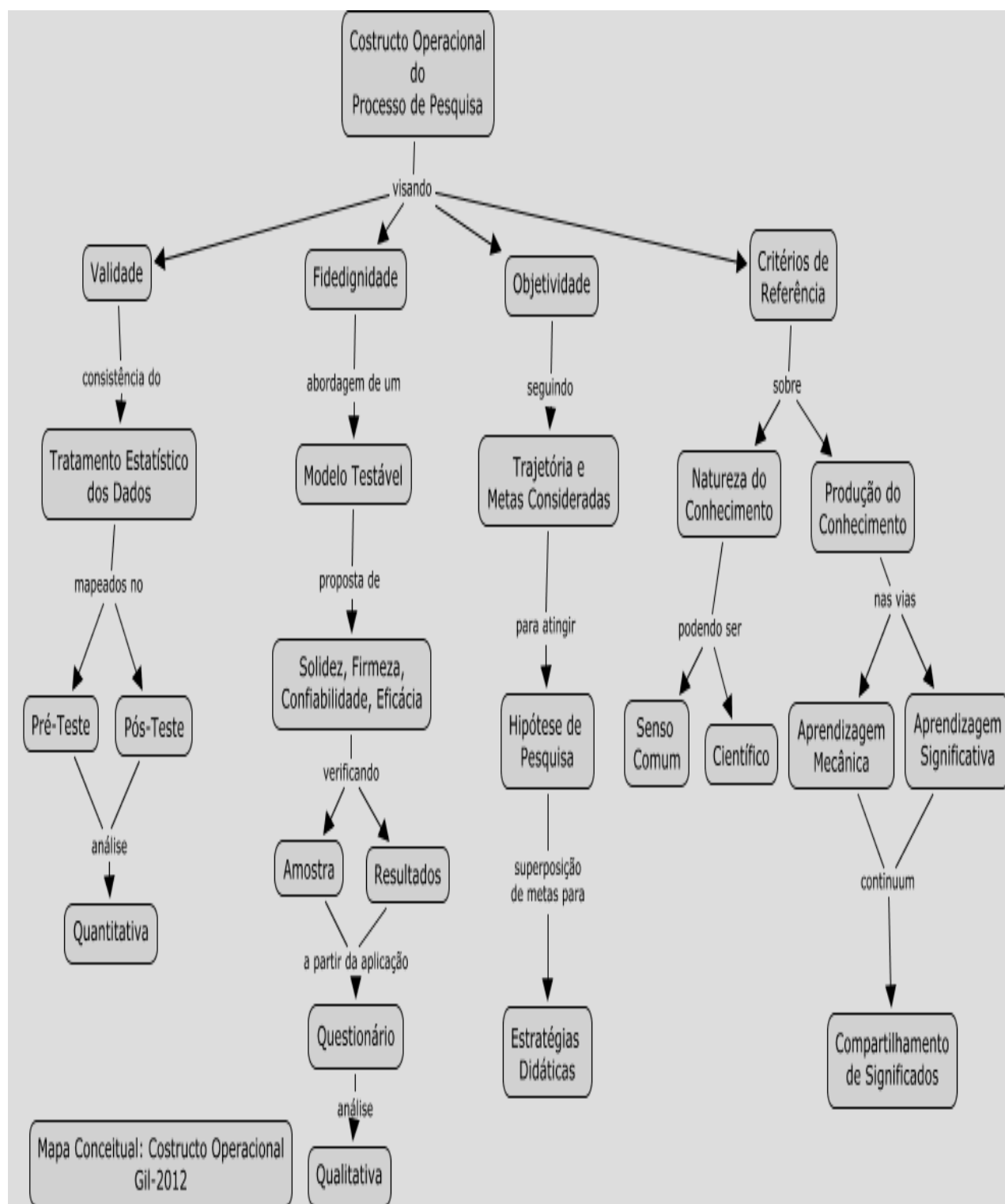
Analisar criticamente o alcance, os métodos, os recursos e o modelo para se chegar criativamente a uma melhoria do processo de ensino aprendizagem, desenvolvido ao longo deste Trabalho é prover o tratamento dos dados resultantes da pesquisa. É uma forma sistemática de buscar respostas para algumas questões.

Nesta seção referenciou-se a pesquisa básica, onde o investigador identifica um problema, elenca as variáveis e constrói uma hipótese. É importante antes de se enveredar no universo do tratamento dos dados, traçar o planejamento (*design instrucional*) de como vai efetivá-la, levando-se em consideração, se a mesma é exequível. Entretanto, o mesmo deve ser flexível, isto é, não necessariamente definitivo, pois durante sua implementação novas sub hipóteses podem surgir ao longo da investigação, gerando talvez, novas trajetórias.

É igualmente importante levar em conta o processo avaliativo que compõe a demonstração ao longo da pesquisa. Optou-se então, por separar o mesmo em duas vertentes: uma quantitativa e outra qualitativa. Finalidade para possibilitar a aplicação, a síntese adequada e uma melhor compreensão dos resultados. Neste ponto, um dos primeiros passos consiste em organizar, condensar e resumir a informação obtida em termos de variáveis relevantes, característica ou condição que pode ser mensurada ou observada e transformada em dado(s), ou seja, o valor resultante da mensuração de uma variável.

Foi disponibilizado na Figura 29, um Mapa Conceitual contendo uma vista hierárquica do tratamento dos dados da pesquisa.

Figura 29 – Mapa Conceitual do Constructo Operacional da análise do processo de pesquisa elencando seus elementos constitutivos.

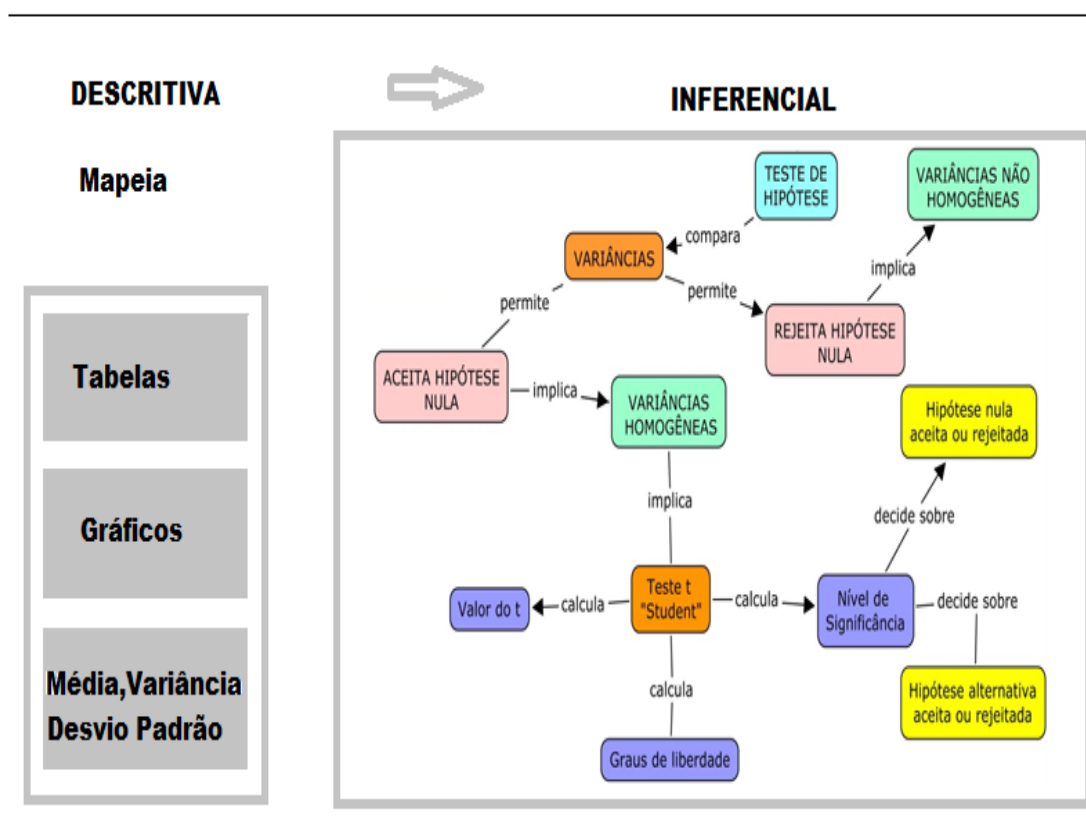


Fonte: Dados da pesquisa.

5.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS DADOS

Do ponto de vista estatístico, a análise tem como objetivo verificar se, após passarem por uma intervenção específica (apreciação e uso de da ferramenta computacional Objetos de Aprendizagem), os aprendizes absorvem melhor os conceitos da Física, no eixo temático Termodinâmica. Para isso, um mesmo teste foi aplicado em instantes distintos, antes e após passarem pelo tratamento (Pré-teste e Pós-teste), para uma amostra de 22 alunos (Grupo Experimental) da disciplina Física Geral do curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do IFPB. E para uma amostra de 21 alunos (Grupo Controle) integrantes do curso de Automação Industrial e Geoprocessamento da mesma Instituição de ensino. Com a diferença de que estes ficaram restritos às aulas tradicionais, ou seja, aulas expositivas centradas na ação do professor. A variável de interesse foi a quantidade de acertos em cada uma das sete questões envolvidas no teste, mapeadas nos dois momentos, através das ferramentas denominadas Pré-teste e Pós-teste. De posse dessas informações, foi feito primeiramente uma análise quantitativa (descritiva e inferencial) dos dados. Seguida de uma análise qualitativa, com dados coletados através de um questionário adequado aplicado posteriormente. Para níveis de medida e análise quantitativa apresenta-se na Figura 30, um Mapa Conceitual referente às partes integrantes da estatística utilizada no tratamento.

Figura 30 – Layout do demonstrativo hierárquico dos passos evidenciados nas análises descritiva e inferencial.



Fonte: Dados da pesquisa.

5.3 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Estatística é considerada por alguns autores como Ciência no sentido do estudo de uma população. É considerada ainda, como método quando utilizada como instrumento por outra Ciência.

Em especial esta última é a relação que a Estatística, através de seus métodos estatísticos, mantém com as Áreas Tecnológicas, as Ciências Exatas e outras, servindo como instrumento auxiliar na tomada de decisões.

A Estatística tem como objetivo o estudo dos fenômenos coletivos.

Objetivando o estudo quantitativo e qualitativo dos dados (ou informações) obtidos nos vários campos da atividade científica, a Estatística manipula dois conjuntos de dados fundamentais: a população e a amostra.

A população (ou universo) é o conjunto dos seres, objetos ou informações que interessam ao estudo de um fenômeno coletivo, segundo alguma(s) característica(s).

Na maioria das vezes, não é conveniente, ou mesmo possível, realizar o levantamento dos dados referentes a todos os elementos de uma população. Portanto, analisou-se parte da população, isto é, a amostra.

A amostra (a parte representativa) é um subconjunto não vazio ou parte da população. Duas considerações devem ser feitas sobre o estudo amostral dos fenômenos. Uma diz respeito aos cuidados que se deve tomar para assegurar que a amostra seja uma parte representativa da população. Para atender a essa exigência, deve-se selecionar os elementos de forma aleatória, de modo que todo e qualquer elemento da população, tenha a mesma chance de participar da amostra. A outra diz respeito à precisão dos dados coletados, buscando minimizar os erros que poderiam induzir a conclusões equivocadas. O número de elementos de uma amostra é chamado o tamanho da amostra, e é denotado por n .

5.4 DADOS ESTATÍSTICOS

Normalmente, no trabalho estatístico o pesquisador se vê obrigado a lidar com uma grande quantidade de valores numéricos, resultantes de um censo ou de uma amostragem. Estes valores numéricos são chamados de dados estatísticos.

A estatística pode ser dividida em duas áreas:

I - ESTATÍSTICA DESCRITIVA - É a área da Estatística que fornece métodos para organizar, descrever e resumir dados experimentais, de maneira a possibilitar uma interpretação rápida e fácil.

A Estatística Descritiva, na sua função de descrição dos dados, tem as seguintes atribuições:

a) A obtenção dos dados estatísticos - A obtenção ou coleta dos dados é normalmente feita através de um questionário ou de observação direta de uma população ou amostra.

b) A organização dos dados - A organização dos dados consiste na ordenação e crítica quanto à correção dos valores observados, falhas humanas, omissões, abandono de dados duvidosos, etc.

c) A redução dos dados - O entendimento e compreensão de grande quantidade de dados, através de simples leitura de seus valores individuais é uma tarefa extremamente árdua e difícil mesmo para o mais experimentado pesquisador.

d) A representação dos dados - Os dados estatísticos podem ser mais facilmente compreendidos quando apresentados através de uma representação gráfica, o que permite uma visualização instantânea de todos os dados. Os gráficos, quando bem representativos, tornam-se importantes instrumentos de trabalho.

e) A obtenção de algumas informações que auxiliam a descrição do fenômeno observado.

É ainda atributo da Estatística Descritiva a obtenção de algumas informações que sumarizam os dados, facilitando a descrição dos fenômenos observados.

II - ESTATÍSTICA INFERENCIAL (ou Indutiva) - É a área da Estatística que trata do processo de generalização sobre características de uma ou mais populações, com base nos resultados observados em amostras extraídas dessas populações.

Complementando o processamento estatístico, no caso de uma estimação, a Estatística Indutiva estuda parâmetros a partir do uso de estimadores usando o cálculo das probabilidades, elemento este, que viabiliza a inferência estatística.

Como modelo para análise estatística, neste tipo de estudo é amplamente sugerido utilizar o Teste t de *Student* para amostras independentes. Trata-se de um teste paramétrico usado para comparar as médias de uma variável desfecho, em amostras extraídas de duas populações independentes. E normalmente distribuídas ou com distribuição normal aproximada, submetidas a tratamentos diferenciados. Este teste devido a sua abrangência é usado para analisar dados provenientes de qualquer tipo de estudo, em que as variáveis preditoras pertencem a dois grupos distintos. Por exemplo: controle e experimental, intervenção e não intervenção. Veja o Quadro 11.

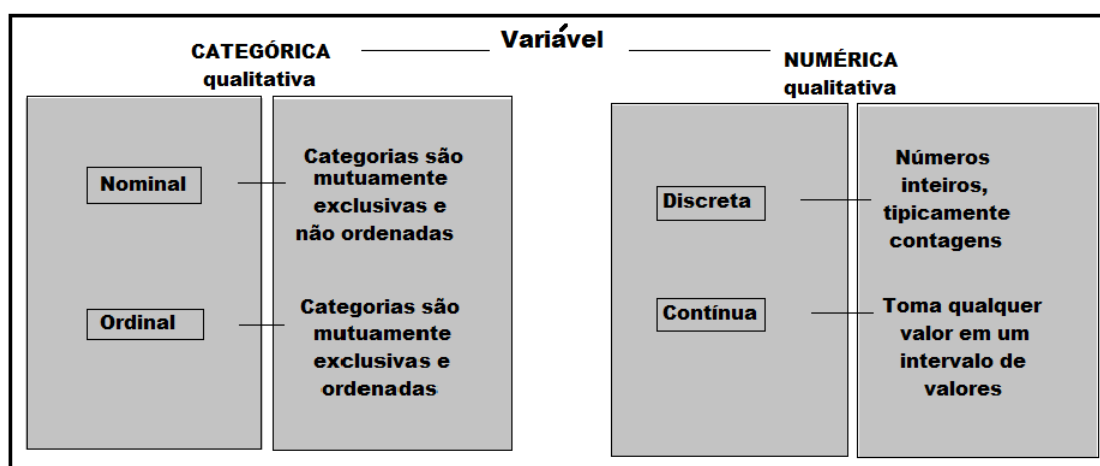
Quadro 11 – Diagrama explicativo contendo a hipótese e a questão de pesquisa.

Questão de pesquisa	⇒	Os aprendizes da educação formal no nível superior do ensino de Engenharia e Tecnologia, submetidos ao processo de construção dos conceitos científicos da Física, utilizando uma metodologia inovadora fundamentada pelas TICs, auxiliada pela ferramenta cognitiva computacional denominada OA, apresentam melhor rendimento escolar, que os submetidos a uma metodologia tradicional?
Hipótese nula	⇒	Não existe diferença no rendimento escolar entre os alunos que participam da metodologia inovadora e os que participam da metodologia tradicional
Variáveis	⇒	Variável dependente (desfecho): posse dos conceitos da Física no início do processo (contínuo) Variável independente (preditora): metodologia inovadora e tradicional (categórica em dois níveis)

Fonte: Dados da pesquisa.

O Teste t é basicamente utilizado para verificar as médias de dois grupos em termos de suas variáveis. Variável é toda característica ou condição que pode ser mensurada ou observada, onde se chama de *dado* o valor resultante da mensuração de uma variável. O qual possibilita a aplicação dos métodos estatísticos. Tanto a variável dependente como a independente, pode assumir uma série de valores específicos de acordo com as características próprias dos dados gerados. Assim, uma abordagem frequentemente utilizada em estatística envolve a classificação das variáveis, segundo seus níveis de medida. Além da distinção entre os níveis de medida, é comum classificar as variáveis em qualitativas (categóricas) e quantitativas (numéricas). O Quadro 12 foi adaptado do modelo descrito por Motta; Fagundes (2009, p. 42).

Quadro 12 – Diagrama com os diferentes tipos de variáveis (níveis de medida).



Fonte: Adaptado de Motta; Fagundes, 2009.

5.5 DISCUSSÃO E RESULTADOS

Esta parte da análise tem como objetivo principal promover uma discussão dos resultados com base em processos estatísticos, através de tabelas, gráficos e dos cálculos de algumas medidas descritivas e inferenciais, obtidas a partir dos dados coletados.

5.5.1 Média

A média é o valor que aponta para onde mais se concentram os dados de uma distribuição. A média aritmética é uma das formas de obter um valor intermediário entre vários valores.

A média aritmética simples é a mais utilizada no dia-a-dia. É obtida dividindo-se a soma das observações pelo número delas. É um quociente geralmente representado pelo símbolo $\bar{x}$. No caso de haver uma série de n valores de uma variável x , a média aritmética simples será determinada pela expressão a seguir:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

A média de acertos das questões do Pré-teste do Grupo Controle é dada por:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{60,6}{21} = 2,86$$

Onde $\sum_{i=1}^n x_i = 60,6$ é o somatório das notas dos alunos e $n = 21$ é o número de alunos.

A média de acertos das questões do Pré-teste do Grupo Experimental é dada por:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{56,98}{22} = 2,59$$

Onde $\sum_{i=1}^n x_i = 56,98$ é o somatório das notas dos alunos e $n = 22$ é o número de alunos.

A média de acerto das questões do Pós-teste do Grupo Controle é dada por:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{93,3}{21} = 4,43$$

Onde $\sum_{i=1}^n x_i = 93,3$ é o somatório das notas dos alunos e $n = 21$ é o número de alunos.

A média das questões do Pós-teste do Grupo Experimental é dada por:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{113,96}{22} = 5,18$$

Onde $\sum_{i=1}^n x_i = 113,96$ é o somatório das notas dos alunos e $n = 22$ é o número de alunos.

Para o cálculo estatístico, a quantidade de acertos de cada aluno foi convertida em notas, utilizando-se uma escala numérica de 0 a 10, de acordo com a expressão a seguir:

$$7 \rightarrow 10$$

$$NA \rightarrow x$$

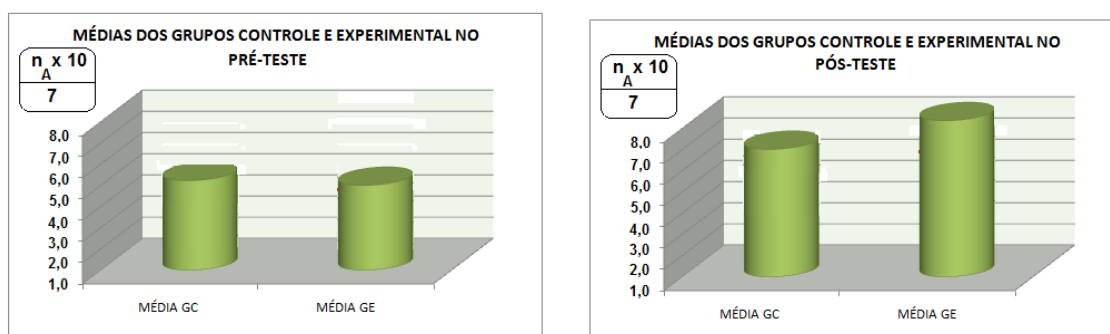
logo,

$$x = \frac{NA \times 10}{7}$$

Onde, x é a nota do aluno e NA é o número de acertos dos alunos (de acordo com as tabelas do Apêndice F).

A partir destes dados foi feita a estatística inferencial conforme o descrito no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Levantamento das variáveis, médias dos grupos de controle e experimental nas situações de pré-teste e pós-teste.



Fonte: Dados da pesquisa.

A análise dos resultados do pré-teste apontam para uma diferença pouco significativa entre as médias dos grupos de controle e experimental o que satisfaz a condição de igualdade entre os grupos, desejável nesta etapa do tratamento.

A comparação entre as médias dos grupos de controle e experimental no pós-teste apontam para uma diferença significativa. Mostrando que o grupo experimental conseguiu um avanço maior na média do que o grupo de controle. Resultado significativo nesta etapa do processo. O que satisfaz a hipótese de pesquisa.

5.5.2 Variância

Em Estatística, a variância é uma medida de dispersão, indicando quão longe em geral os seus valores se encontram do valor esperado.

Duas ou mais distribuições apresentam homogeneidade de variâncias, quando as respectivas dispersões são equivalentes, ou quando as diferenças observadas entre suas variâncias não são estatisticamente significativas.

A variância S^2 é calculada pela expressão:

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Onde S^2 é a variância, x_i são as notas dos alunos, $\bar{x}$ é a média das notas e n é o número de alunos.

Para os grupos Controle e Experimental as variâncias são dadas por:

$$\text{Pré-teste - grupo Controle: } \therefore S_1^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = 1,829$$

$$\text{Pré-teste - grupo Experimental: } \therefore S_2^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = 1,777$$

Para os grupos Controle e Experimental as variâncias são dadas por:

$$\text{Pós-teste - grupo Controle: } \therefore S_1^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = 1,557$$

$$\text{Pós-teste - grupo Experimental: } \therefore S_2^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = 1,108$$

5.5.3 Desvio Padrão

Em Estatística, o desvio padrão é a medida mais comum da dispersão, representado na população pelo símbolo σ (*sigma*) e na amostra pela letra Std.D. Ele mostra o quanto de variação ou "dispersão" existe em relação à média (ou valor esperado). Um baixo desvio padrão indica que os dados tendem a estar próximos da média. Um desvio padrão alto indica que os dados estão espalhados por uma gama

de valores. O desvio padrão é calculado como sendo a raiz quadrada da variância, ou seja: $\text{Std.D} = \sqrt{S^2}$

Utilizando os dados obtidos foram calculados a média e o desvio padrão do Pré-teste dos grupos de Controle e Experimental como mostra o Quadro 13.

Quadro 13 – Dados descritivos do Pré-teste.

Grupos	Número de alunos (n)	Desvio padrão (Std.D)	Média da turma
Controle	21	1,352	4,085
Experimental	22	1,333	3,700

Fonte: Dados da pesquisa.

E também calculados a média e o desvio padrão do Pós-teste dos grupos de Controle e Experimental mostrados no Quadro 14.

Quadro 14 – Dados descritivos do Pós-teste.

Grupos	Número de alunos (n)	Desvio padrão (Std.D)	Média da turma
Controle	21	1,248	6,329
Experimental	22	1,053	7,412

Fonte: Dados da pesquisa.

5.5.4 Teste t para comparação entre amostras independentes

Para Tuckman; Harper (2012, p. 457) um estudo de técnicas estatísticas deve focar-se em três questões: Que estatísticas se devem empregar no estudo? Qual a escolha adequada? Qual o procedimento e cálculo estatístico complementar correto?

Estas opções vão influenciar na qualidade da metodologia efetivada, na significância dos resultados e em sua importância (validade, fidedignidade, objetividade e critérios de referência).

Um cálculo sistematizado bastante difundido na estatística inferencial é o teste t para amostras independentes, utilizado para descrever a magnitude da diferença nos valores médios entre dois grupos relativos ao desvio padrão (ou a variância). Uma variável quantificável significativamente para o teste de hipóteses é o tamanho do efeito (MOTTA; FAGUNDES, 2009, p. 126; MAYER, 2011, p. 104, TUCKMAN; HARPER, 2012, p.458).

Para Mayer (2011):

O tamanho do efeito é a medida da intensidade de um efeito e que pode ser calculado pela subtração da média do grupo de controle, da média do grupo experimental, dividido pelo desvio padrão ponderado para um tamanho amostral adequado.

O teste t é basicamente um teste utilizado para comparar duas médias. O teste t pode ser usado também para comparar duas amostras independentes, de tamanhos diferentes e variâncias iguais ou diferentes. A estatística t é calculada conforme a expressão a seguir (MOTTA; FAGUNDES, 2009; COHEN, 1988, ROSENTHAL; ROSNOW; RUBIN, 2000):

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{s_0^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Onde: $\bar{x}_1$ é a média das notas do grupo controle;

$\bar{x}_2$ é média das notas do grupo experimental;

n_1 é o tamanho da amostra do grupo controle;

n_2 é o tamanho da amostra do grupo experimental e

s_0^2 é a estimativa combinada da variância.

Sua obtenção é realizada pelo cálculo da média ponderada das variâncias das duas amostras estudadas, s_1^2 e s_2^2 , pelo emprego da expressão:

$$s_0^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Onde:

s_1^2 é a variância do grupo experimental (quadrado do desvio padrão);

s_2^2 é a variância do grupo controle (quadrado do desvio padrão);

n_1 é o tamanho da amostra do grupo controle;

n_2 é o tamanho da amostra do grupo experimental;

Para este estudo, com os valores obtidos na criação e edição de gráficos do Ambiente SPSS - Statistical Package for the Social Sciences, programa utilizado para execução de análises estatísticas, manipulação de dados e produção de tabelas e gráficos (ver em anexo), calculou-se o tamanho do efeito. Podendo ser visto na Tabela 1, com as médias das notas e desvio padrão do teste estatístico.

Tabela 1 – Descrição do cálculo do tamanho do efeito do teste estatístico.

Calculando o Tamanho do Efeito para amostras independentes
MAYER.2011:TUCKMAN:BRIAN.2012

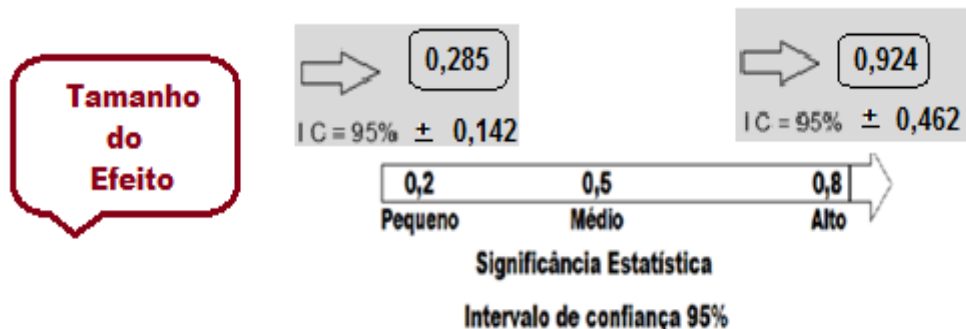
$$\text{Tamanho do Efeito} = \frac{\text{média do G.E} - \text{media do G.C}}{\text{desvio padrão ponderado}}$$

Pré- Teste Grupo	Válido		Desistente		Média $\bar{X}$	Desvio Padrão dp
	N	Percentual	N	Percentual		
0- Controle	21	100 %	0	100%	4,06	1,352
1-Tratamento	22	100%	0	100%	3,67	1,333

Pós - Teste Grupo	Válido		Desistente		Média	Desvio Padrão
	N	Percentual	N	Percentual		
0- Controle	21	100 %	0	100%	6,29	1,248
1-Tratamento	22	100%	0	100%	7,36	1,053

Pré-Teste

Pós-Teste



Um olhar minucioso para os resultados descritos na Tabela 1 referentes à comparação entre os grupos de tratamento e controle apresenta um valor de 0,924 para o cálculo do tamanho do efeito, com um intervalo de confiança (IC) de 95%, a favor do grupo do tratamento.

O Quadro 15 contempla um demonstrativo da intensidade do tamanho do efeito descrito por Cohen (1988).

Quadro 15 – Demonstrativo da intensidade do tamanho do efeito descrito por Cohen (1988).

Tamanho do efeito (t)	Intensidade
Menor que 0,2 0,2 0,5 0,8	Desprezível Pequeno Médio alto

Fonte: Dados da pesquisa.

Fundamentado neste referencial percebe-se que um valor de $t=0,924$ equivale a um tamanho de efeito alto, Valor significativo para concluir que a hipótese nula deve ser rejeitada. Logo, existe uma diferença significativa favorável ao aumento da média do grupo experimental descrita no estudo com variáveis independentes. O que sugere uma aprendizagem significativa ausubeliana bem sucedida dos conceitos científicos da Termodinâmica, pelos aprendizes submetidos ao tratamento antes descrito. Atendendo à validação do que se considerou como hipótese desta pesquisa.

5.6 DADOS ESTATÍSTICOS DO MAPEAMENTO DOS RESULTADOS DO PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE – GRUPO DE CONTROLE E GRUPO EXPERIMENTAL

Para uma análise mais detalhada do tratamento estatístico referenciamos alguns resultados:

Inicialmente na aplicação do pré-teste para o Grupo Experimental e de Controle será testada a seguinte hipótese estatística:

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \\ H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{cases}$$

Onde: H_0 é a hipótese nula e H_1 é a hipótese alternativa.

Parâmetros contemplados no Quadro 16,

Quadro 16– “Tamanho do Efeito” para a comparação de duas médias no pré-teste aplicado aos Grupos Experimental e de Controle.

Teste d para igualdade de Médias		
Tamanho do Efeito	Graus de liberdade	Significância ou p-value
0,285	43	0,598

Fonte: Dados da pesquisa.

Estes resultados foram utilizados para a análise da hipótese de pesquisa tendo como referencial o *Workcheets for Performing Standardized Tests Appendix B* (p. 495); *Table II Critical Values of t*; Appendix A, (TUCKMAN; HARPER, 2012).

O tamanho do efeito teste t “Student”, 0,285 indica que a hipótese nula $H_0 (\mu_1 = \mu_2)$ foi aceita, ou seja: $\mu_1 = \mu_2 \Rightarrow$ não existe diferenças significativas entre os grupos estudados (Controle e Experimental), quando da aplicação do Pré-teste, isto é, os dois grupos estavam em um nível igual de posse dos conceitos da Física no eixo temático Termodinâmica.

Após o tratamento novos parâmetros foram obtidos, os mesmos estão descritos no Quadro 17 (média das notas e desvio padrão) e o calculo do “Tamanho Efeito” para o Pós-teste.

Quadro 17 - “Tamanho do Efeito” para a comparação de duas médias no Pós-teste aplicado aos Grupos Experimental e de Controle após tratamento.

Teste t para igualdade de Médias		
Tamanho do Efeito	Graus de liberdade	Significância ou p-value
0,924	43	0,023

Fonte: Dados da pesquisa.

Nesta etapa será testada a seguinte hipótese estatística:

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \\ H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{cases}$$

Onde: H_0 é a hipótese nula e H_1 é a hipótese alternativa.

O tamanho do efeito $t = 0,924$ indica que a hipótese alternativa H_1 ($\mu_1 \neq \mu_2$) foi aceita, conseqüentemente, a hipótese nula H_0 ($\mu_1 = \mu_2$) foi rejeitada. Conclui-se que, a diferença entre os grupos é real e não ocorre ao acaso. É importante lembrar que a significância estatística não reflete somente o tamanho do efeito entre os grupos, mas também, o tamanho amostral. Pode-se concluir que de fato, o método de aprendizagem desenvolvido no grupo experimental no período entre as duas aplicações do teste, provoca uma alteração significativa na média deste grupo em relação a do grupo de controle.

5.6.1 Teste t para Amostras Emparelhadas (Pareada)

Nesta seção, o tratamento estatístico volta-se para a evolução dos conceitos da Física por aprendizes que integram o grupo experimental. Neste caso, a recomendação sugerida por Motta; Dornelles (2004) é o para amostras emparelhadas (pareadas): “emprega-se este teste quando a variável-desfecho é medida antes e depois de uma intervenção, em dois pontos (instantes) distintos no tempo.”

Neste tipo análise procurou-se trabalhar com uma nova variável: a diferença entre as notas do pré-teste e pós-teste de cada aluno. Ou seja:

$$D_i = P_i - P'_i, i = 1, 2, \dots, 22$$

Onde D_i é a diferença das notas obtidas pelo i -ésimo aluno; P_i é a nota do pré-teste do i -ésimo aluno e P'_i é a nota do pós-teste do i -ésimo aluno.

Com isso, pode-se utilizar o teste t para amostras pareadas para comparar as médias das notas nas condições pré-teste com a pós-teste. Esse teste consiste na avaliação da hipótese de que as médias populacionais das notas dos alunos sob as condições de pré-teste e pós-teste sejam as mesmas. A seguir, disponibilizou-se o Quadro 18 com um referencial desta pesquisa.

Quadro 18 – Representativo da questão de pesquisa e da hipótese evidenciada na análise estatística de comparações pareadas.

Questão de pesquisa	O número de acertos dos aprendizes em cada questão aumentou significativamente no período de intervenção?
Hipótese nula	A diferença entre o número de acertos pareados nas questões antes e depois da intervenção é nula.
Variáveis-desfecho	Diferença entre a média de acertos pareada antes e depois da intervenção.

Fonte: Dados da pesquisa

Na análise estatística inferencial de comparações pareadas, a variação entre os pares de medidas é a mais importante estatística. O teste "t" neste caso é utilizado para verificar se a média da diferença entre as duas medidas é significativamente diferente de zero. A hipótese nula ($\mu_d=0$) testada pode ser vista na Tabela 2.

Tabela 2 – Sequência de passos para o cálculo do tamanho do efeito para amostras pareadas.

Calculando o valor de t para amostras pareadas

Passos:

$$1- \frac{\sum (d - \bar{x}_d)^2}{n-1} =$$

$$2- s_d = \sqrt{\text{Passo 1}} =$$

$$3- \frac{\text{Passo 2}}{\sqrt{n}} =$$

$$4- \bar{x}_d = \frac{\sum d}{n} = \bar{x}_2 - \bar{x}_1 =$$

$$5- t = \frac{\text{Passo 4}}{\text{Passo 3}} =$$

Fonte: Tuckman; Brian (2012).

Após o teste de normalidade podendo ser visto no Apêndice B, foi efetuado o preenchimento da Tabela onde foram utilizados os dados constantes no Quadro 19.

Quadro 19 – Amostral das médias e dos desvios padrões para o cálculo do tamanho do efeito para amostras pareadas.

Grupo Experimental	Válido		Desistente		Média $\bar{X}$	Desvio Padrão d_p
	n	Percentual	n	Percentual		
Pré - Teste	22	100%	0	100%	3,67	1,333
Pós - Teste	22	100%	0	100%	7,36	1,050

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados obtidos estão contidos na Tabela 3.

Tabela 3 – Sequência de passos explicitando o cálculo do tamanho do efeito para amostras pareadas.

Calculando o valor de t para amostras pareadas

Passos:

$$1- \frac{\sum (d - \bar{x}_d)^2}{n-1} = \frac{(1,33 - 3,67)^2 + (1,05 - 7,36)^2}{(22 - 1)} = \frac{6,726}{21} = 0,320$$

$$2- S_d = \sqrt{\text{Passo 1}} = 0,566$$

$$3- \frac{\text{Passo 2}}{\sqrt{n}} = 0,120$$

$$4- \bar{x}_d = \frac{\sum d}{n} = \bar{x}_2 - \bar{x}_1 = 3,690$$

$$5- t = \frac{\text{Passo 4}}{\text{Passo 3}} = 30,750$$

Fonte: Dados da pesquisa.

A diferença média terá significância estatística quando o t calculado for maior que o valor crítico t dado em tabelas estatísticas. Este valor é usado para concluir se há ou não, uma diferença real na evolução da média dos aprendizes durante a intervenção.

Foram tomados como padrão de referência, os valores de t, descritos na Tabela *Table II Critical Values of t*, (TUCKMAN; HARPER, 2012, p. 486). Onde um

valor de $t=30,750$, equivale ao nível de significância 1,31. Valor significativo para concluir que a hipótese nula deve ser rejeitada. Logo, existe uma diferença significativa favorável ao aumento da média do grupo experimental descrita no estudo pareado. O que sugere uma aprendizagem significativa ausubeliana bem sucedida dos conceitos científicos da Termodinâmica, pelos aprendizes submetidos ao tratamento antes descrito. Atendendo à positividade do que se considerou como um dos pontos chave desta pesquisa.

5.6.2 Analisando as questões

Como referencial quantitativo do passo a passo da evolução do número de acertos nas questões do pré-teste e pós-teste, pelos aprendizes submetidos ao tratamento, foi feito um levantamento de dados, e concomitantemente uma análise, que pode ser vista no Quadro 20.

Quadro 20 – Vias de comparação entre números de acertos e erros dos participantes do tratamento nas questões que integram o pré-teste e pós-teste.

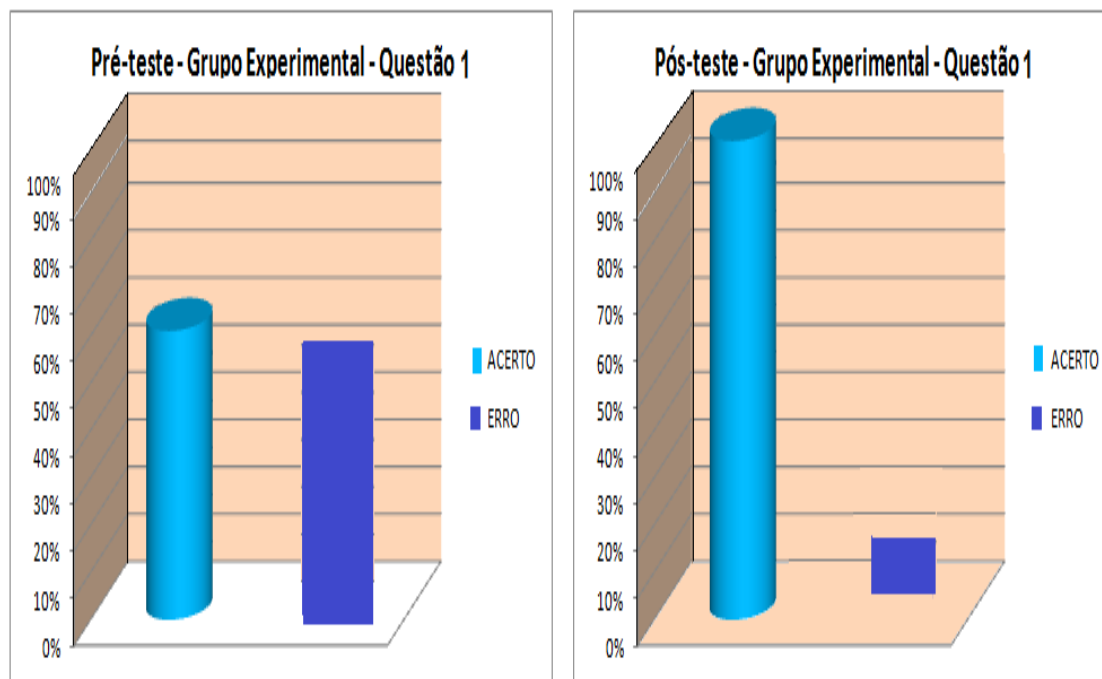
Grupo Experimental	Pré-Teste		Pós -Teste		Evolução n. acertos
Questões	acertos	erros	acertos	erros	δa
1	11	10	20	01	09
2	04	17	13	08	09
3	06	15	14	07	08
4	07	14	21	00	14
5	15	06	21	00	06
6	03	19	14	07	11
7	09	12	15	06	06

Fonte: Dados da pesquisa

Estes resultados fazem alusão ao gradiente evolutivo (δa) para as questões de 1 a 7 com quantificadores em ordem crescente, que vão de 06 para as questões 5 e 7; 08 para a 3; 09 para as questões 1 e 2; 11 para a questão 6 e 14 para a questão 4.

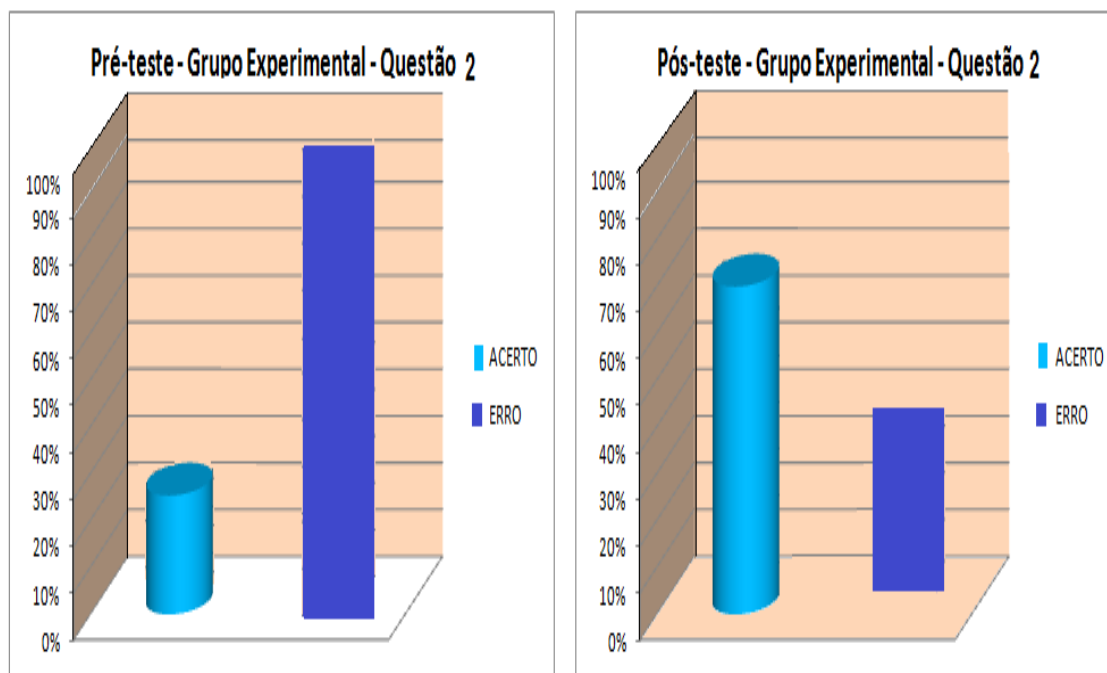
Outra forma desta amostragem para os gradientes evolutivos dos acertos nas questões contidas no pré-teste e pós-teste pode ser vista na sequência dos Gráficos 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

Gráfico 2 – Percentual de acertos e erros no pré-teste e pós-teste na Questão 1.



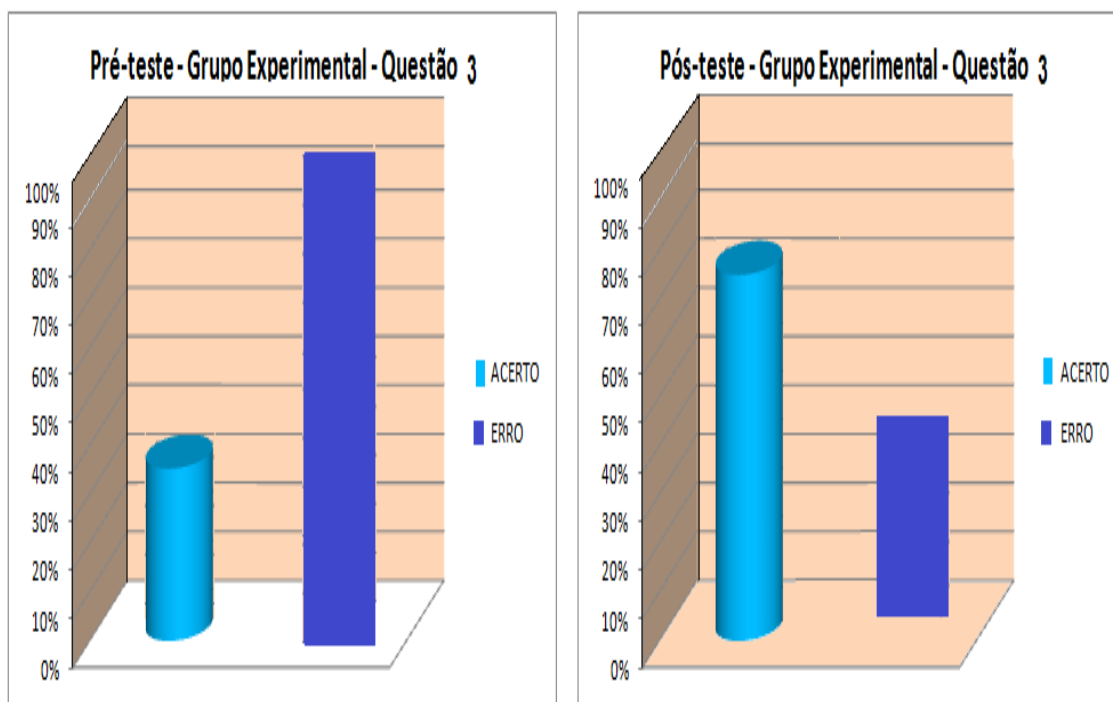
Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 3 – Percentual de acertos e erros no pré-teste e pós-teste na Questão 2.



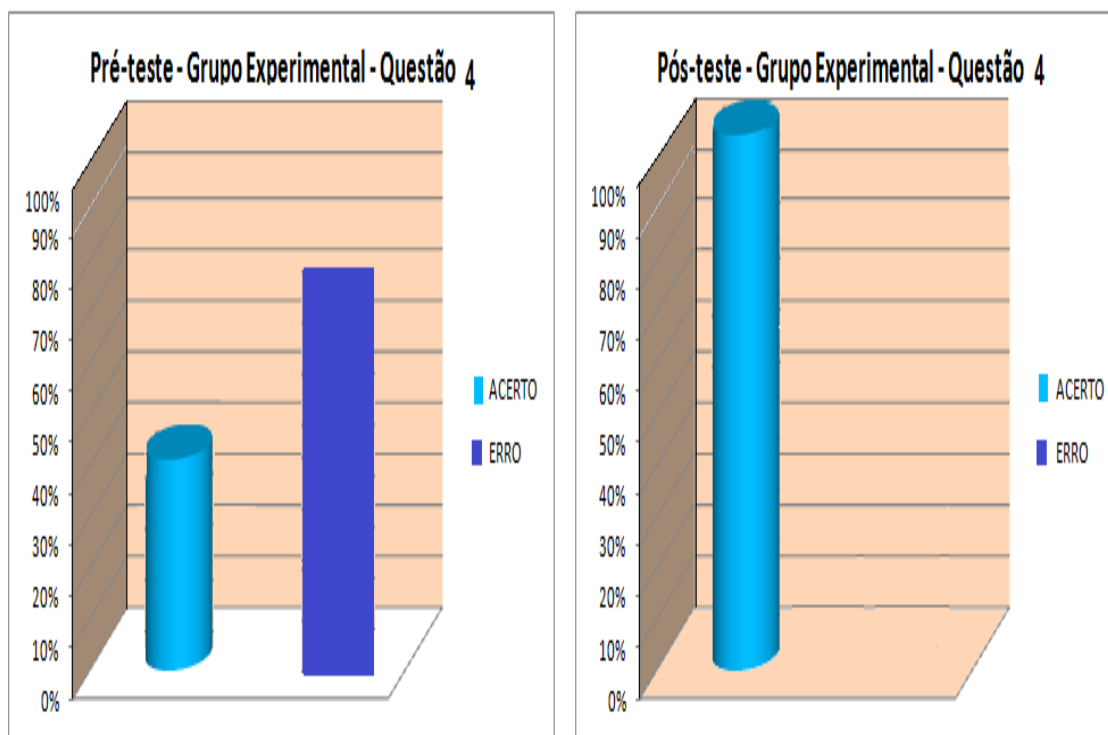
Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 4 – Percentual de acertos e erros no pré-teste e pós-teste na Questão 3.



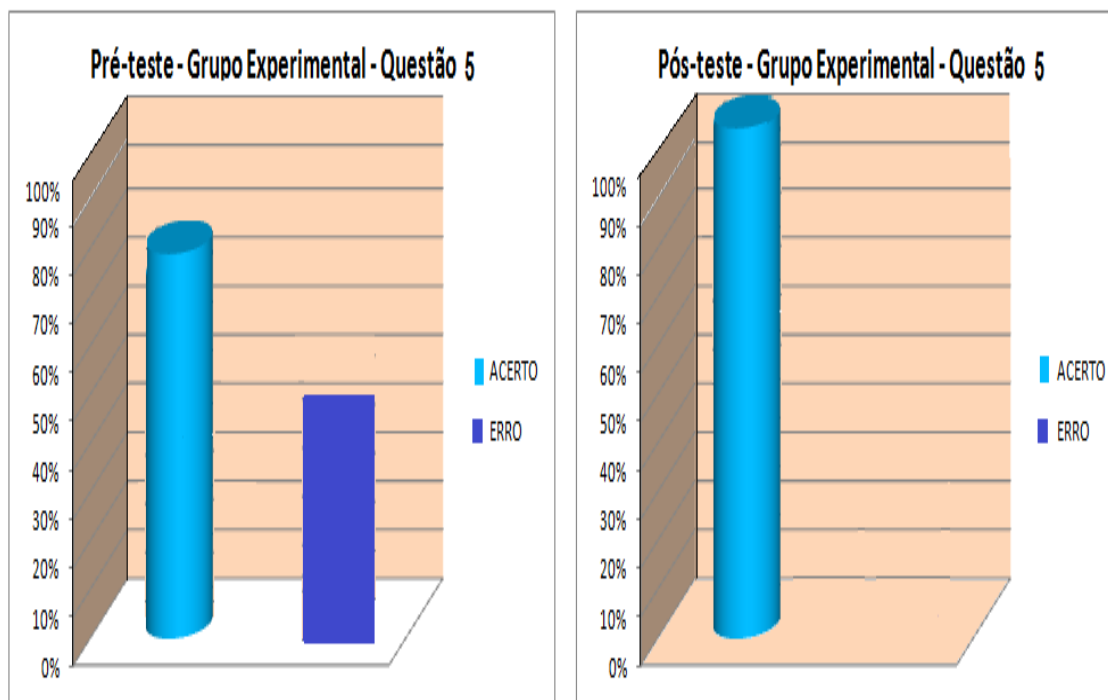
Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 5 – Percentual de acertos e erros no pré-teste e pós-teste na Questão 4.



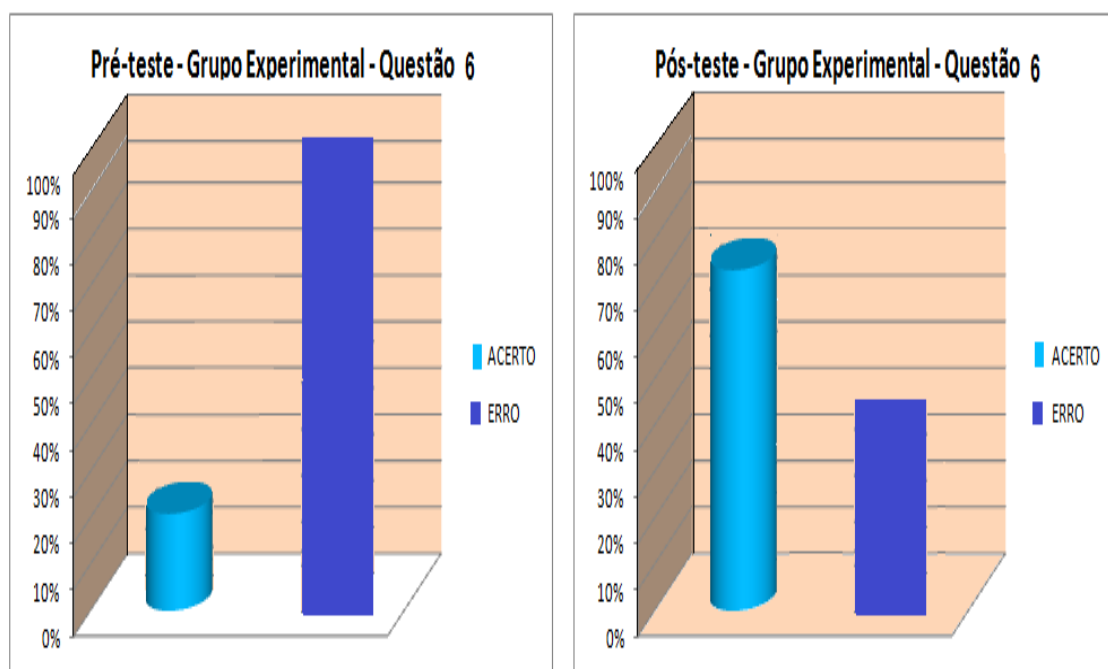
Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 6 – Percentual de acertos e erros no pré-teste e pós-teste na Questão 5.



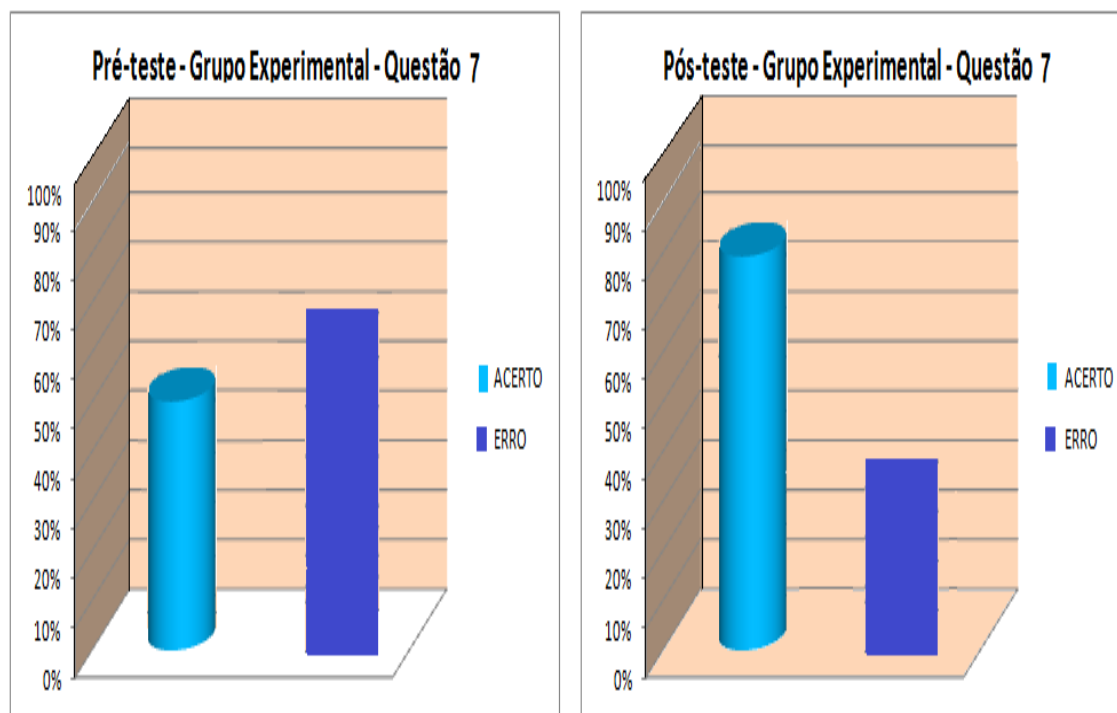
Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 7 – Percentual de acertos e erros no pré-teste e pós-teste na Questão 6.



Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 8 – Percentual de acertos e erros no pré-teste e pós-teste na Questão 7.



Fonte: Dados da pesquisa

Estes dados são bastante úteis para a que se faça o uso das regras de inferência durante a análise estatística. Potencialidades para maior clareza das diversas evoluções percentuais de cada questão.

5.7 ANÁLISE QUALITATIVA DOS DADOS

A análise qualitativa consiste de uma síntese avaliativa que busca uma compreensão do uso dos Objetos de Aprendizagem, pelos aprendizes que integram o grupo experimental (de tratamento). Como uma ferramenta que venha contribuir de forma adequada, para a construção dos conceitos científicos da Física subjacente à hipótese de pesquisa.

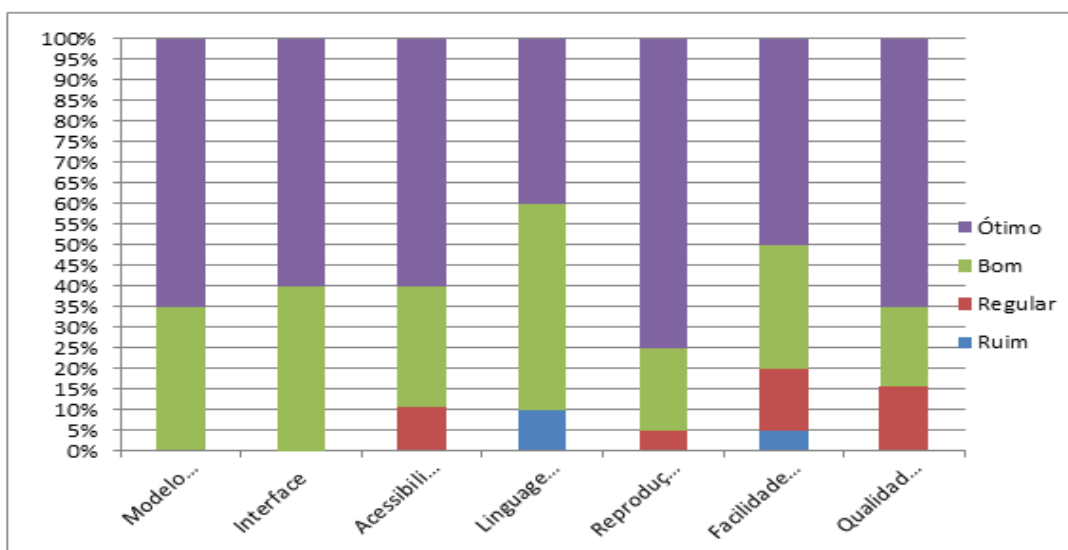
O objetivo central volta-se para a avaliação sob o ponto de vista do aprendiz e da diversidade das atividades individuais ou em grupo. Envolveu-se diferentes funções cognitivas e potencialidades comunicativas, que se esperam de uma arquitetura de engenharia direcionada ao processo de ensino aprendizagem apoiada no *Software* educativo.

Nesta trajetória, ao se buscando validar a hipótese de pesquisa de forma qualitativa, o que segundo Triviños (1987), “consiste na análise das comunicações levantadas, utilizando procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição das mensagens”, foi formalizado o levantamento das opiniões dos participantes do grupo experimental. Composto de 20 alunos do curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, descritas no Questionário adaptado dos Critérios de Qualificação e Síntese Avaliativa do MEC/PNLEM/Física/2009.

A seguir, foi feito um levantamento e análise das opiniões dadas pelos alunos mapeadas através de um Questionário. O qual foi dividido em três partes: Quanto à Apresentação e Comunicação, Quanto ao Conteúdo e Quanto às atividades de Investigação e Compreensão. Em cada uma dessas partes, consta a classificação das Categorias elencando os índices de satisfações nos níveis, ótimo, bom, regular ou ruim, com os respectivos percentuais. Onde, se caso nenhum dos aspectos não se aplicasse à classificação das categorias apresentadas, deveria se escrever não se aplica (N/A).

No que se refere à apresentação e comunicação, o interesse voltou-se para a análise dos objetos de aprendizagem, na forma de um referencial de trabalho, com subsídios satisfatórios para as categorias elencadas no Gráfico 9, sob a ótica de quem o está utilizando. Ponto de vista dos aprendizes que participaram da intervenção.

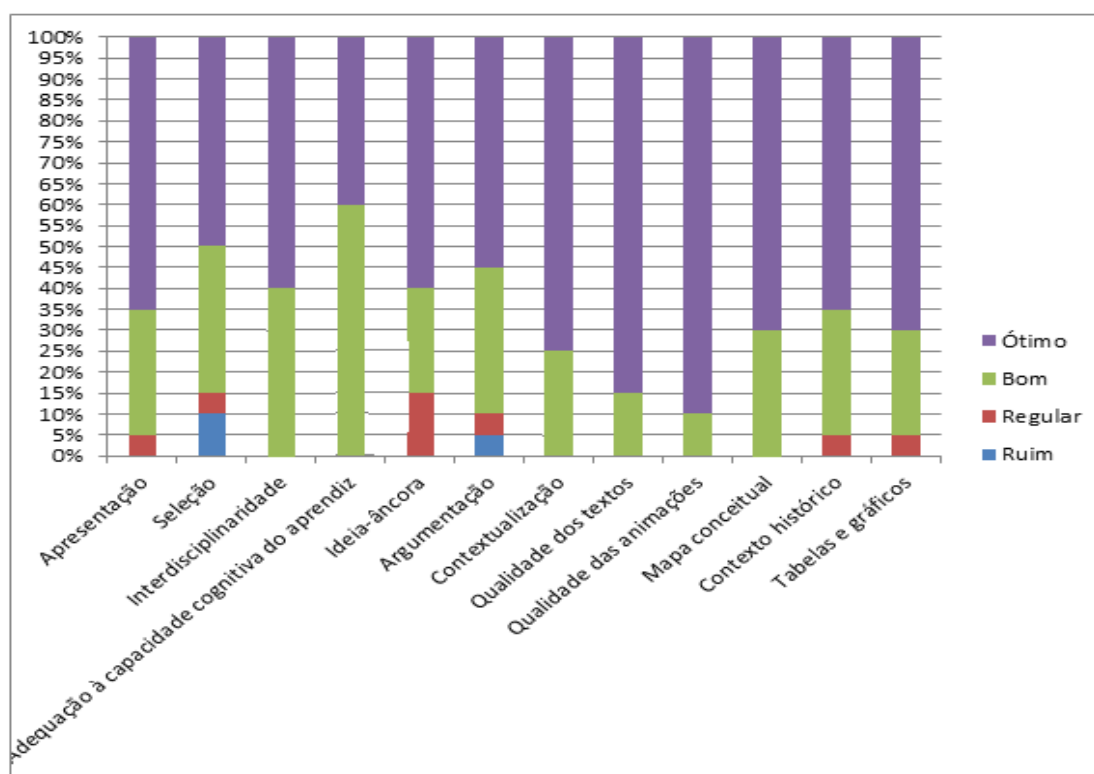
Gráfico 9 – Levantamento percentual do ponto de vista dos aprendizes, quanto à apresentação e comunicação inerentes aos OA's trabalhados.



Fonte: Dados da pesquisa

Outra vertente mais voltada para o cumprimento do currículo com as respectivas abordagens dos propósitos pretendidos, a análise incorpora o desenvolvimento dos conteúdos da Física. Organizados a partir de elementos da aprendizagem significativa ausubeliana, por diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Onde os subsunçores estão devidamente tratados nas diversas interfaces que compõem os OA's. E se estes contribuem para uma aprendizagem e meta-aprendizagem da apreciação do fenômeno de interesse. Analisa-se ainda, se as mensagens são veiculadas de forma clara e objetiva e condicionam um aprofundamento dos temas tratados. Enfim, trata-se de uma busca de subsídios para a construção do conhecimento científico, fundamentado em uma metodologia construtivista. Onde o aprendiz assume a sua responsabilidade de integrante do processo. Dados mapeados no Gráfico 10.

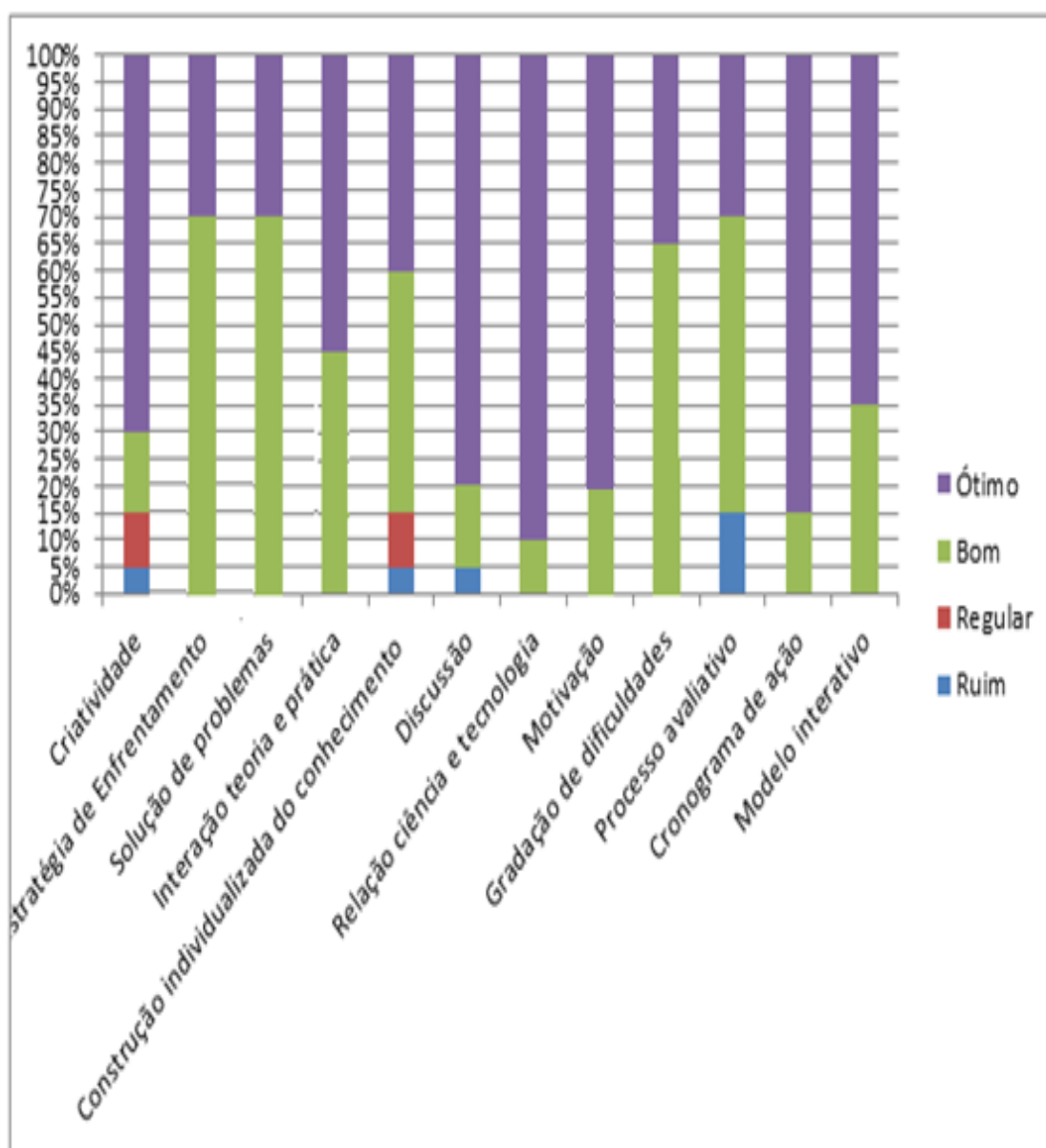
Gráfico 10 – Levantamento percentual do ponto de vista dos aprendizes, quanto ao conteúdo inerente aos OA's trabalhados.



Fonte: Dados da pesquisa

Finalizando, direcionou-se a pesquisa quanto às atividades de Investigação e Compreensão. Proposta que se dedica a mapear as atividades ligadas aos aspectos pedagógicos e metodológicos. Nesse momento, foi enfocado se as formas de apresentação foram adequadas, se sucintas em seus elementos, as relações modelo e realidade, ou seja, o caráter de representação que esses modelos têm em relação ao mundo físico, tal qual ele existe. Dados mapeados no Gráfico 11.

Gráfico 11 – Levantamento percentual do ponto de vista dos aprendizes, quanto às atividades de investigação e compreensão inerentes aos OA's trabalhados.



Fonte: Dados da pesquisa

Como foi destacado na Introdução, investigar a construção do conhecimento no eixo temático Termodinâmica, facilitada através dos OA's Transformações Termodinâmicas, Primeira Lei da Termodinâmica e Segunda Lei da Termodinâmica, para o processo de aprendizagem de cada aprendiz, foi considerado o referencial onde se centra a objetividade desse Trabalho.

A opção pelo uso destes aplicativos está voltada para se entender que suas potencialidades se adequam de forma satisfatória, para a interação do aprendiz com o processo de construção, análise e aplicação do conhecimento científico no ambiente escolar. Cabe aqui ressaltar, que o estudo não teve o objetivo de validar uma ferramenta em absoluto, pois, a eficácia da mesma não está exclusivamente, no *Software*. O interesse foi sua utilização adequada como suporte de uma metodologia inovadora. Não como forma de recurso didático-auxiliar de uma prática centrada na transmissão de um saber escrito, mas, como uma linguagem do processo de construção do conhecimento.

O ponto de partida se fixa em um conjunto básico de princípios de aprendizagem e na relação entre componentes de uma estratégia de ensino. Sendo internamente mediada pelo nível de conhecimento veiculado, competências, habilidades e atitudes, trazidas pelos aprendizes para a sala de aula. Onde foram consideradas diferenças culturais, dificuldades manejáveis, meta aprendizagem. Considerou-se ainda, as conexões com o mundo exterior, que apoiam a fenomenologia abordada. Tudo isto influenciado de maneira fundamental pelo contexto em que se realiza. E tendo como aparato um processo mediado dando destaque ao papel do professor-tutor.

Uma das metas para a avaliação da eficiência e eficácia da metodologia utilizada foi o tratamento dos dados obtidos ao longo da pesquisa.

Os resultados estatísticos sugerem fortemente que é vantajoso utilizar atividades complementares com o auxílio da ferramenta cognitiva Objeto de Aprendizagem. Promovendo uma aprendizagem significativa ausubeliana em Física no eixo temático da Termodinâmica. O que valida a hipótese de pesquisa.

Tendo em vista o sucesso sobre a significância do tratamento antes referenciado, partiu-se para uma análise qualitativa, onde foi feita a aplicação de um questionário semiestruturado disponibilizado no Apêndice C, para o levantamento das opiniões dos participantes do grupo experimental. Oportunidade de expressarem

o grau de satisfação sobre o material trabalhado. A análise dos resultados veio complementar a eficiência e eficácia do material utilizado neste estudo.

Tornou-se visível o grau de satisfação dos participantes ao acessarem as diversas interfaces dos OA's. Resultados que apontam mais uma vez para a importância das atividades disponibilizadas pelo uso desta ferramenta. As quais geram possibilidades para os aprendizes reverem, construir e aplicarem novos conhecimentos, em situações do cotidiano. Vistos em uma nova perspectiva, onde a informática educativa cumpre o papel de facilitadora da construção e aplicabilidade dos conceitos científicos da Física.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dediquei este Tópico a algumas reflexões pessoais complementares ao que já foi descrito ao longo do trabalho de Tese. Isto é, um referencial das conclusões alcançadas.

O mesmo apoiou-se em uma perspectiva interdisciplinar, a qual conecta Pedagogia da Ciência, Psicologia Cognitiva, Física e uma ferramenta cognitiva computacional, transformando o Evento Educativo em um Ambiente Virtual de Aprendizagem. Regido pela necessidade de integrar aprendiz, professor, conteúdos da Física, Tecnologia da Informação e Comunicação ao processo de ensino aprendizagem em sala de aula, no nível superior dos cursos de Tecnólogo e Engenharia do IFPB.

No meu ponto de vista, não se trata apenas da construção do conhecimento científico de forma generalizada, visando apenas à efetivação do componente curricular mas, uma forma de abordar o ensino, o aprendizado de Física e a pesquisa educativa, a partir de uma perspectiva, na qual levei em consideração, peculiaridades, restrições e os impedimentos aos participantes do processo. Até atingir um grau de equilíbrio necessário para reduzir o gradiente de separação entre quem ensina, e o que ensina e quem aprende, como aprende e o que aprende.

Imerso neste universo tomei por decisão utilizar tanto a pesquisa quantitativa, assim como a qualitativa, para tornar possível a análise da minha hipótese de pesquisa. Esta trajetória tornou evidente a amostragem espaço-temporal nas situações antes, durante e após da intervenção metodológica, centrada no tratamento antes descrito.

Na verdade, somente um processo de construção mútuo e convergente dos parâmetros destes resultados gerou a autonomia necessária para entender e fomentar um modelo interpretativo das vias de intervenção para se chegar a uma aprendizagem significativa bem sucedida dos conceitos da Física.

Não se trata de apresentar uma proposta redentora única, pois seria cair nas armadilhas de uma educação homogênea. O que edifiquei, foi uma forma de adequar as metas, os conteúdos, as bases epistemológicas, os métodos, as ferramentas em um processo construtivo compartilhado. Saliento que estas variáveis são oferecidas de forma igualitária para todos. No entanto, deve atender as necessidades de cada um dos participantes do processo e seus diferentes estilos de

aprendizagem. O que traduzi em uma equação diferencial sujeita a condições de contorno onde cada variável representa a possibilidade de atender as idiosincrasias pertinentes de cada parâmetro e suas potencialidades. São exemplos dessas categorias, a estratégia seguida, o esforço realizado, o conhecimento prévio, o material potencialmente significativo, o meta-conhecimento, o compartilhamento de significados, a capacidade cognitiva entre outras.

Neste referencial de trabalho busquei como auxiliar de maneira efetiva aos aprendizes na construção dos conceitos científicos da Termodinâmica.

Tomei como núcleo da abordagem epistemológica, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e seus seguidores. Levando em consideração, o fato de a mesma apontar para uma pedagogia construtivista. A qual se adequa como uma base favorável para a construção do conhecimento científico da Física. Neste ponto, não ficaram ausentes as diversas formas de construtivismo: pessoal, social, dialético, empirista, radical, cognitivo, epistêmico, metafísico, cultural e crítico. Entretanto, busquei a convergência de cada vertente subjacente a uma aprendizagem significativa ausubeliana e a base das estratégias didáticas implementadas em sala de aula.

As razões desse impulso construtivista situaram-se em concepções pós-modernistas às quais destaco: A ciência não é um discurso sobre o real, mas um processo socialmente definido de elaboração de modelos para interpretar a realidade. As teorias científicas não são saberes absoluto ou positivo, mas aproximações relativas, construções sociais que longe de descobrirem a estrutura do mundo ou da natureza, constroem ou modelam esta estrutura. Foi nesta visão, que defendi o contexto da virtualização do conhecimento e destaco que, boa parte da ciência de ponta, cada vez mais adentra ao universo da simulação. Constroem-se modelos virtuais e a partir destes, simulam-se determinados fenômenos da natureza. Comprovando ou não, o seu grau de ajuste ao que conhecemos como realidade.

Diante desses desafios defendo a pesquisa educativa como um sexto elemento do evento educativo. Onde encontrei uma maneira de minimizar os efeitos que distanciam o ensino de uma aprendizagem significativa bem sucedida dos conceitos da Física trabalhados na educação formal.

Considero como dificuldade de aprendizagem que afeta os aprendizes de Física, a maneira como estes organizam seu conhecimento, a partir de suas

concepções sobre o mundo que o rodeia e o que entende do comportamento da matéria.

Em geral, o seu primeiro contato fica restrito ao uso dos cinco sentidos, como forma de obtenção da informação. O que caracteriza uma visão do mundo físico centrado na percepção que se tem dele, na maioria das vezes, embalada à luz do senso comum. Ao darem os primeiros passos na direção de ultrapassar estes obstáculos, alcançam uma visão newtoniana e cartesiana da natureza. Já à luz do determinismo clássico, tendo como palco o espaço tridimensional euclidiano.

Esta nova visão aponta para o perigo de que as equações, os postulados, os corolários do cálculo diferencial e integral, da geometria analítica e do cálculo vetorial, se sobreponham aos conceitos científicos da Física. Levando em diversas situações, ao desprezo dos conhecimentos científicos embutidos na análise fenomenológica.

Frente ao descrito, surge à necessidade de referenciar a passagem para uma mudança do objeto de estudo da disciplina, que passa a abranger um mundo rico em detalhes, fundamentado em conceitos mais ou menos abstrato. Nem sempre perceptíveis à luz do sensorial onde a intuição segue outras trilhas.

Estamos ainda imersos no universo da Física Clássica, enfocando conceitos e causalidades. Podendo ser citados como exemplo: campo gravitacional, interação, energia, quantidade de movimento e suas formas de conservação. E especificamente, no eixo temático da Termodinâmica, os conceitos científicos de temperatura, calor, trabalho, energia interna, propriedades de um sistema, processos termodinâmicos, teoria cinética dos gases, Leis da Termodinâmica, entropia entre outros.

Ao adentrarmos ao universo da Física Moderna novas mudanças se fazem necessárias, decorrentes do alto grau de abstração dos seus conceitos. Passa-se então, a estudar uma natureza mais afastada daquela que é familiar à maioria das pessoas. Onde impera um novo espaço, o micro do micro, o macro do macro, as altas velocidades, as altas densidades, as partículas elementares, a ordem e a desordem, a quantização da energia, a natureza ondulatória da matéria, a natureza corpuscular da luz. Relativizando certezas e incertezas e a introdução das funções de onda como descritores das propriedades dos sistemas e a introdução do cálculo probabilístico e seus operadores na Física, cabendo na atualidade à condução de novas investigações em torno dos seus métodos.

Considero ter conseguido edificar uma fonte que representa um potencial elucidativo para a compreensão e possível solução das dificuldades que obstaculizam o processo de ensino aprendizagem de Física. Servindo como referencial, de que é possível ensinar e aprender em ressonância com o que a Física apresenta e o mundo cotidiano que o aprendiz faz parte. Gerando possibilidades do aumento indefinido da amplitude do conjunto de seus conhecimentos.

Nesta perspectiva concluo que este Trabalho pode ser considerado como um referencial de trabalho para uma nova forma de educação conectada com as necessidades atuais de produção de saberes plurais coletivos e interativos.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

AINSWORTH, S.; LABEKE, Van. **Multiple forms of representation.** *Learning and Instruction*, 2004.

ALONSO, C. M.; GALLEGOS, D. J.; HONEY, P. **Los estilos de aprendizaje:** procedimientos de diagnóstico y mejora. Madrid: Mensajero, 2002.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Estudo de gráficos da cinemática com o Modellus. In: TEODORO, V. D. Oficina sobre modelagem computacional no ensino de física e matemática com o modellu. Org.: Rejane M. Ribeiro Teixeira, Eliane A. Veit. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 2002^a.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Editora Plátano, 2003.

_____. **Psicologia Educativa:** um ponto de vista cognitivo. México: Ed. Trilhas, 1978.

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

AXT, R. **Conceitos intuitivos em questões objetivas aplicadas no concurso vestibular unificado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Revista Ciência e Cultura, n. 33, pp. 444-452, 1986.

BALLONE, G. J. **Conceitos e Realidade.** In: PsiqWeb, Internet, [Documento eletrônico disponível em: < <http://psiqweb.med.br/cursos/conceit.html>>]. Revisto em 2003. Acesso em 8/02/2005.

BETTIO, R. W. de; MARTINS, A. **Objetos de aprendizado:** um novo modelo direcionado ao ensaio a distância. 2004. [Documento eletrônico disponível em: <<http://www.universia.com.br/materia/materia.jsp?id=5938>>]. Publicado em 2004. Acesso em: 20/05/2006.

BIANCOCINI, Maria Elizabeth. In: MARCO, Silva. **Educação online.** São Paulo: Edições Loyola, ed. 3, 2011.

BLOOM, Benjamin et al. **Taxonomia de objetivos educacionais.** Porto Alegre: Editora Globo, 1976.

CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. C. **Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching.** In: GAGE, N. L. (Org.). Handbook of research in teaching. Chicago: Rand McNally, 1966.

CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação.** [trad. Álvaro Cabral]. São Paulo: Cultrix, 2006.

CARRETO, J.; VIOVY, R. **Relevé de quelques obstacles épistemologiques dans l'apprentissage Du concept de reaction chimique.** Aster, 1994.

CHI, M. T. H.; SLOTTA, J. D.; LEEUW, N. D. **From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts**. Hillsdale, NJ: Learning and instruction, 2005.

COLL, C.; VALLS, E. **El aprendizaje y enseñanza de los procedimientos**. In: C. Coll; J. I. Pozo; B. Sarabia; E. Valls: Los contenidos en la reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes. Madrid: Santillana, 1992.

COHEN, Jacob. **Statistical power analyses for the behavioral sciences**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

DEPRESBITERIS, A. M. de S.; L.; MACHADO, O.T.M. **A mediação como princípio educacional: bases teóricas das abordagens de Reuven Feuerstein**. São Paulo: Editora SENAC, 2004.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **“Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade. Parte II – circuitos RLC”**, Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 30, n. 3, 2008.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. **“Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas”**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 25, n. 3, 2003.

FERRAZ, Ana Paula do C. M.; BELHOT, Renato V. **Taxonomia de Bloom Revisada**. In: Gest. Prod., São Carlos, vol. 17, n. 2, pp. 421-431, 2010.

GAGNÉ, R. M. **The conditions of learning of instruction**. 4^a ed. Nueva York: Holt, Rinehart & Winston, 1985. (Trad. Cast. De R. Elizondo. Las condiciones del aprendizaje. México, D.F.: Trillas, 1987.

GALAGOVSKY, L. R. **Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable**. Parte 1. El modelo teórico. Enseñanza de Las Ciencias, v. 22, n. 2, pp. 229-240, 2004.

GOWIN, D. B. **Educating Ithaca**. Nova York: Cornell University Press, 1981.

GOWIN, D. B.; ALVAREZ, M. C. **The art of education with V diagrams**. Nova York: Cambridge University Press, 2005.

GRECA, I.; MOREIRA, M. A. **The kinds of mental representations- models, propositions, and images – used by college physics students regarding the concept of field**. International Journal of Science Education, 19 (6), pp. 711-724, 1997.

_____. **Un estudio piloto sobre representaciones mentales respecto al concepto de campo electro magnético en alumnos de Física General, estudiantes de postgrado y físicos profesionales**. Investigación em Ensino de Ciências, 1, (1), pp. 95-108, 1996.

GUTIERREZ, R.; OGBORNE, J. **A causal framework for analysing alternative conceptions**. International Journal of Science Education, 14 (2), pp. 201-220, 1992.

HAYES, E. R.; GAMES, I. A. **“Making Computer Games and Design Thinking”**. Revista Games and Culture, v. 3, n. 3/4, pp. 309-332, Sage Publications, 2008.

HELLMAN, W. **Conceptual versus non conceptual questions in the grading of physics students**, The Physics Teacher. v. 26(5), pp. 383-386, 1989.

JOHNSON-LAIRD, P. **Mental models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

KRATHWOHL, David R. **A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview**. THEORY INTO PRACTICE, Volume 41, Number 4, Autumn 2002.

LEMONS, E. S. **(Re) situando a Teoria de Aprendizagem Significativa na prática docente, na formação de professores e nas investigações educativas**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 5, n. 3, pp.38-51, 2007.

LIPMAN, M. **Pensar na Educação**. Petrópolis: Vozes, 1995.

LONGMIRE, W. **A Primer On Learning Objects**. Virginia, USA: American Society for Training & Development, 2001.

LORD, F. M.; NOVICK, M. R. **Statistical theories of mental test scores**. London: Addison -Wesley, 1968.

LUNA et al. **Objetos de aprendizagem e informática educacional**. In: XVIII SBIE – Simpósio de Informática na Educação – São Paulo – São Paulo, 2007.

_____. **OBJETOS DE APRENDIZAGEM: UMA PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**. In: Objetos de Aprendizagem: uma proposta de recurso pedagógico. Brasília: MEC, SEED, pp. 123-133, 2007.

_____. **Eletromagnetismo: objetos de aprendizagem e a construção de significados em um ambiente de múltiplas representações**. XIX SBIE – Simpósio de Informática na Educação – Florianópolis - Santa Catarina, 2008.

_____. **Mapas conceituais: uma ferramenta pedagógica na consecução do currículo**. Revista *Principia*, João Pessoa, n.15, pp.110-116, 2007.

MARTINS, I. **Explicações, apresentações visuais e retórica na sala de aula de Ciências**. In: MORTIMER, Eduardo Fleury. Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula. Organizado por Eduardo Fleury Mortimer e Ana Luíza Bustamante Smolka. Belo Horizonte: Autêntica, pp. 139 -150, 2001.

MASON, Robin; RENNIE, F. **The connection – Learning for the Connected Generation Information Age**. Greenwich/Connecticut: Publishing Co, 2004.

MAYER, Richard E. **Multimedia Learning**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

_____. **Applying the Science of LEARNING**. Nova York: Pearson Education, 2011.

MOREIRA, M. A. **ENSINO E APRENDIZAGEM - ENFÓQUES TEÓRICOS**. São Paulo: Editora Moraes, 1985.

_____. **Modelos mentais**. In: MORTIMER, Eduardo Fleury. Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula. Organizado por Eduardo Fleury Mortimer e Ana Luíza Bustamante Smolka. Belo Horizonte: Autêntica, pp. 139 -150, 2001.

_____. **A teoria dos campos conceituais de Verganout, o ensino de ciências e a pesquisa nessa área**. In: Investigações em Ensino de Ciências, pp. 7-29, 2002.

_____. **Aprendizagem significativa: da visão clássica a visão crítica**. In: INDIVISA – BOLETÍN DE ESTUDIOS E INVESTIGACION – Madrid: Centro Superior de Estudos Universitários La Salle, 83-96, 2007.

_____. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Editora Centauro, 1982.

MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. **Instrumentos de pesquisa em ensino-aprendizagem: a entrevista clínica e a validação de testes de papel e lápis**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993.

MOTTA; FAGUNDES. **SPSS – Análise de Dados Biomédicos**. Rio de Janeiro: MEDBOOK – Editora Científica Ltda, 2009.

MUZIO, J.; HEINS, T.; MUNDELL, R. **Experiences with Reusable e Learning Objects: From Theory to Practice**. Victoria, Canadá, 2001.

NASCIMENTO, Anna Christina de Azevedo. **OBJETOS DE APRENDIZAGEM: A DISTÂNCIA ENTRE A PROMESSA E A REALIDADE**. In: Objetos de Aprendizagem: uma proposta de recurso pedagógico. Brasília: MEC, SEED, 2007, pp. 135-145.

NOBLE, David. **Digital Diploma Mills: the automatization of higher education**, First Monday, ed. 3/1. [Documento eletrônico disponível em: <http://www.firstmonday.dk/issues/issue3_1/noble/index.html>]. Publicado em 1998. Acesso em: 05/ 2011.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Editora Plátano, 1996.

NOVAK, J. D. **Aprender, Criar e utilizar o conhecimento: Mapas Conceituais como ferramenta de facilitação nas escolas e empresas**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.

_____. **Creating and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and corporations**. Mahwah, NJ: Laurence Eribaum Associates, 1998.

PAIVIO, A. **“Mind and Its Evolution: A Dual Coding Theoretical Approach”**. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 2006.

PALMERO, Maria L. R. **LA TEORIA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO**. Spain: Eds. Pamplona, 2004.

PARENTE, A. **O Hipertextual**. In: O virtual e o hipertextual. Rio de Janeiro: Pazulim, 1999.

PIAGET, J. **O desenvolvimento do pensamento. Equilibração das estruturas cognitivas**. Lisboa: Dom Quixote, 1975.

_____. **A tomada da consciência**. São Paulo: Melhoramentos, 1978.

_____. **Epistemologia Genética**. São Paulo: Martins Fontes, 1990.

PINO, A. **“O conceito de mediação semiótica em Vygotsky e seu papel na explicação do psiquismo humano”**. Caderno CSDS, 24, 3ª ed, pp. 38-51, 2000.

POZO, J. I.; CRESPO, Miguel A. G. **A APRENDIZAGEM E O ENSINO DE CIÊNCIAS: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Trad. Naila Freitas. São Paulo: ARTMED Editora SA, 2009.

POZO, J. I. **Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje**. Madrid: Alianza, 1996.

_____. (1990a): **“Estrategias de aprendizaje”**. In: C. Coll, J. Palacios e A. Marchesi (Eds.), *Desarrollo psicológico y educación*. Vol.: *Psicología de la educación*. Madrid: Alianza editorial.

PRATA, C. L. et al. **Políticas para o fomento de produção e uso de objetos de aprendizagem**. In: *Objetos de Aprendizagem: uma proposta de recurso pedagógico*. Brasília: MEC/SEED, pp. 107-121, 2007.

REIGELUTH, C. M. **Meaningfulness and instruction: relating what is being learned to what a student knows**. *Revista Instruction Science*, n.12, pp. 192-218, 1983.

RESCORLA, R. A. **Pavlovian second-order conditioning: studies in associative learning**. Hillsdale, N. J.: Erlbaum, 1980.

RIVED – Rede Interativa Virtual de Educação. 2005. **Projeto RIVED**. On-line: [Documento eletrônico disponível em: <<http://rived.mec.gov.br>>; <<http://rived.proinfo.mec.gov.br/projeo.htm>>]. Acesso em maio 2011.

ROMERO, A. **Aprendizaje mediante condicionamiento**. Murcia: DM, 1995.

ROSENTHAL, R.; ROSNOW, R. L.; RUBIN, D. B. **Contrasts and effect sizes in the behavioral sciences**. New York: Cambridge University Press, 2000.

ROY, M.; CHI, M. T. H. **The self-explanation principle in multimídia learning**. In: R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimídia learning* New York: Cambridge University Press, pp. 271-286, 2005.

SÃO PAULO, C. **A fase do “POR QUÊ”**. Revista PSIQUE, São Paulo: Escala, nº. 74, VI, pp. 66-67, 2012.

SILVEIRA, L. F.; MOREIRA, M. A.; AXT, R. **Habilidad em Preguntas Conceptuales Y em Resolución De Problemas De Física**. Enseñanza de las Ciências. Madrid, v.10, n.1, p. 58 -62,1992.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT, John W. **Princípios de Física: movimento ondulatório e termodinâmica**. São Paulo: CENCAGE Learning, vol. 2, 2004.

TAVARES, R. S.; LUNA, G. R. **Modelagem Computacional: uma aproximação entre artefatos cognitivos e experimentos virtuais em Física**. Revista *Principia*, nº 12, pp. 35-43, 2005.

TAVARES, R. S.; LUNA, G. R.; ROCHA, N. **Modelagem Computacional: uma aproximação entre artefatos cognitivos e experimentos qualitativos**. XXII EFNNE – Encontro de Físicos do Norte e Nordeste – Feira de Santana – Bahia, 2004.

TAVARES, R. **Aprendizagem significativa em um ambiente multimídia**. V Encontro Internacional Sobre Aprendizaje Significativo. 11 a 15 de Setembro. Madrid, Espanha, 2006.

_____. **Aprendizagem significativa e codificação dual e objetos de aprendizagem**. IV ESUD – Congresso de Ensino Superior a Distância, Brasília maio, 2006.

_____. **Concept map and interactive animation** *First International Conference on Concept Mapping* Pamplona – Spain,2004.

_____. **Animações Interativas e Mapas Conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa**. Revista Ciências & Cognição. Ano 4, v. 13, nº 2, 2008.

TAVARES, R.; SANTOS, J. N. [Documento eletrônico disponível em: <<http://www.fisica.ufpb.br/prolicen>>]. Acesso em março de 2011.

TEIXEIRA, J. F. **Afinal, o que somos?** Revista Filosofia, São Paulo: Escala, V, n. 60, p. 55, 2011.

TEODORO, V. D. **Learning Physics with Mathematical Modelling**. Portugal: University Nova Lisbon, 2002.

TEODORO, V. D.; VEIT, E. A.; **Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio**. Revista Brasileira do Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n.. 2, pp. 86-96, 2002.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em Educação**. São Paulo: Editora Publicação Atlas, 1987.

TUCKMAN B. W; HARPER B. E. **Conducting Educational Research**; Rowman Littlefield Publishers, Maryland USA, 2012.

VADALARES, Jorge. **Fundamentação Epistemológica da Teoria de Aprendizagem Significativa**. In: INDIVISA – BOLETÍN DE ESTUDIOS E INVESTIGACION – Madrid: Centro Superior de Estudos Universitários La Salle, pp. 119-139, 2007.

VYGOTSKI, L.S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

WAGNER, M. B.; MOTTA, V. T.; DORNELLES, C. C. **SPSS passo a passo**. Caxias do Sul: Educs, 2004

WEBB, M.; HASSEN, D. **“Opportunities for computer based modeling and simulation in secondary education”**. In: Lovis F. and Tagg, E. D. (Eds.) “Computers in education”. Amsterdam: North-Holland, 1988.

WELLER, Martin; PEGLER, Cris; MASON, Robin. **Learn International Conference**. Edinburgh, 2003.

WILEY, D. **The instructional use of learning objects**. Online version. [Documento eletrônico disponível em: <http://reusability.org/read/>]. Publicado em: 2000. Acesso em: 20/02/2007.

WITTMANN, M. C. **Making Sense of How Students Come to an Understanding of Physics**: An Example from Mechanical Waves. Tese de Doutorado. University of Maryland, College Park, 1998.

.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Mapeamento e análise quantitativa dos dados da pesquisa utilizando o Software SPSS nas vertentes, análise descritiva e inferencial para um estudo comparativo.

```
GET DATA /TYPE=XLSX
/FILE='C:\Users\Washington\Documents\GIL\Dados_GIL.xlsx'
/SHEET=name 'Plan1'
/CELLRANGE=full
/READNAMES=on
/ASSUMEDSTRWIDTH=32767.
EXECUTE.
DATASET NAME DataSet1 WINDOW=FRONT.
SAVE OUTFILE='C:\Users\Washington\Documents\GIL\Gil.sav'
/COMPRESSED.
EXAMINE VARIABLES=nqc_pre BY grupos
/PLOT BOXPLOT STEMLEAF HISTOGRAM NPLOT
/COMPARE GROUPS
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/CINTERVAL 95
/MISSING LISTWISE
/NOTOTAL.
```

Explore

Notes		
Output Created		12-Dez-2012 15h35min34s
Comments		
Input	Data	C:\Users\Washington\Documents\GIL\Gil.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	43
	File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values for dependent variables are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any dependent variable or factor used.

Syntax	EXAMINE VARIABLES=nqc_pre BY grupos /PLOT BOXPLOT STEMLEAF HISTOGRAM NPLOT /COMPARE GROUPS /STATISTICS DESCRIPTIVES /CINTERVAL 95 /MISSING LISTWISE /NOTOTAL.	
Resources	Processor Time	00 00:00:02,230
	Elapsed Time	00 00:00:02,136

[DataSet1] C:\Users\Washington\Documents\GIL\Gil.sav

grupos

Case Processing Summary

		Cases				
		Valid		Missing		Total
		N	Percent	N	Percent	N
nqc_pre	0	21	100,0%	0	,0%	21
	1	22	100,0%	0	,0%	22

Descriptives

grupos			Statistic	Std. Error
nqc_pre	0	Mean	2,86	,295
		95% Confidence Interval for Lower Bound	2,24	
		Mean Upper Bound	3,47	
		5% Trimmed Mean	2,84	
		Median	3,00	
		Variance	1,829	
		Std. Deviation	1,352	
		Minimum	1	
		Maximum	5	
		Range	4	
		Interquartile Range	2	
		Skewness	,419	,501
		Kurtosis	-,939	,972
	1	Mean	2,59	,284
		95% Confidence Interval for Lower Bound	2,00	
		Mean Upper Bound	3,18	
		5% Trimmed Mean	2,55	
		Median	2,00	

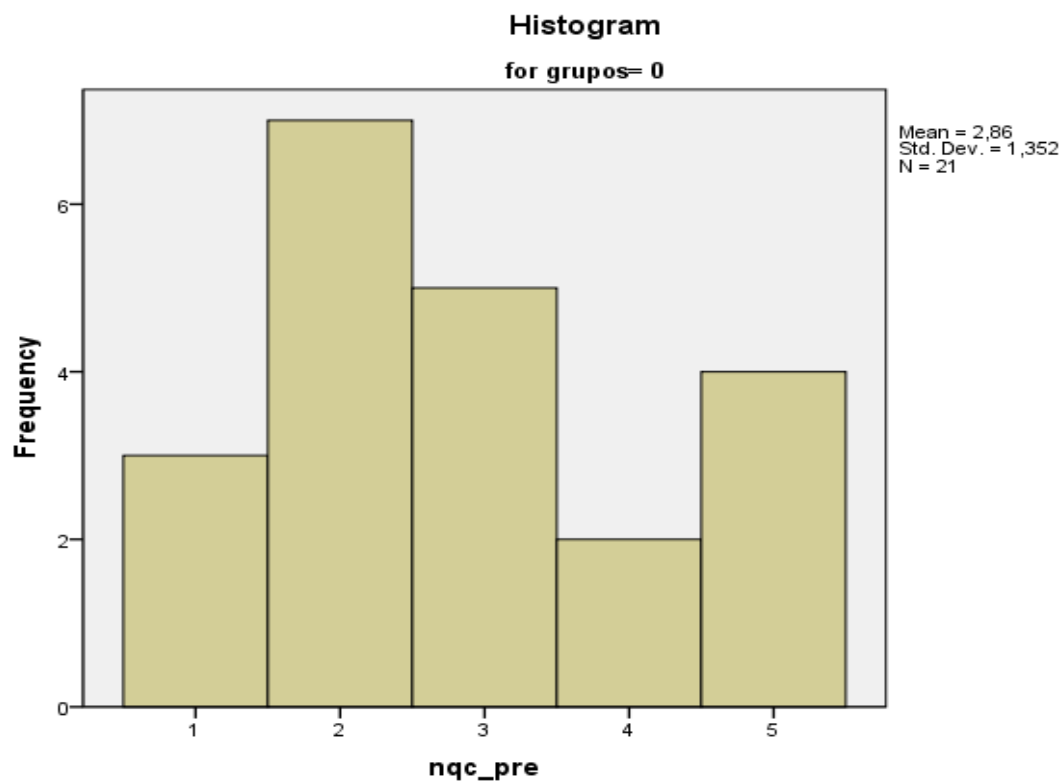
Variance	1,777	
Std. Deviation	1,333	
Minimum	1	
Maximum	5	
Range	4	
Interquartile Range	2	
Skewness	,449	,491
Kurtosis	-1,069	,953

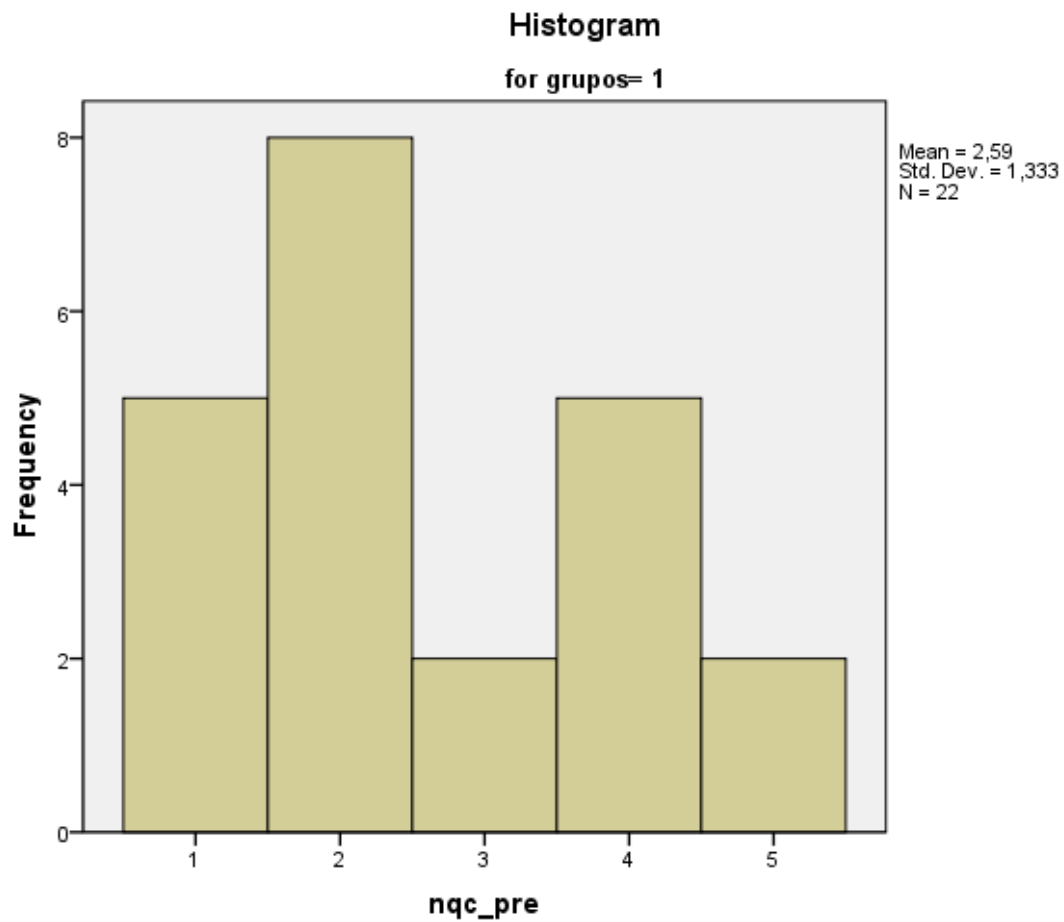
Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
nqc_pre	0	,213	21	,014	,885	21	,018
	1	,262	22	,000	,872	22	,008

a. Lilliefors Significance Correction

nqc_pre Histograms





Stem-and-Leaf Plots

nqc_pre Stem-and-Leaf Plot for
grupos= 0

Frequency	Stem & Leaf
3,00	1 . 000
7,00	2 . 0000000
5,00	3 . 00000
2,00	4 . 00
4,00	5 . 0000

Stem width: 1

Each leaf: 1 case(s)

nqc_pre Stem-and-Leaf Plot for
grupos= 1

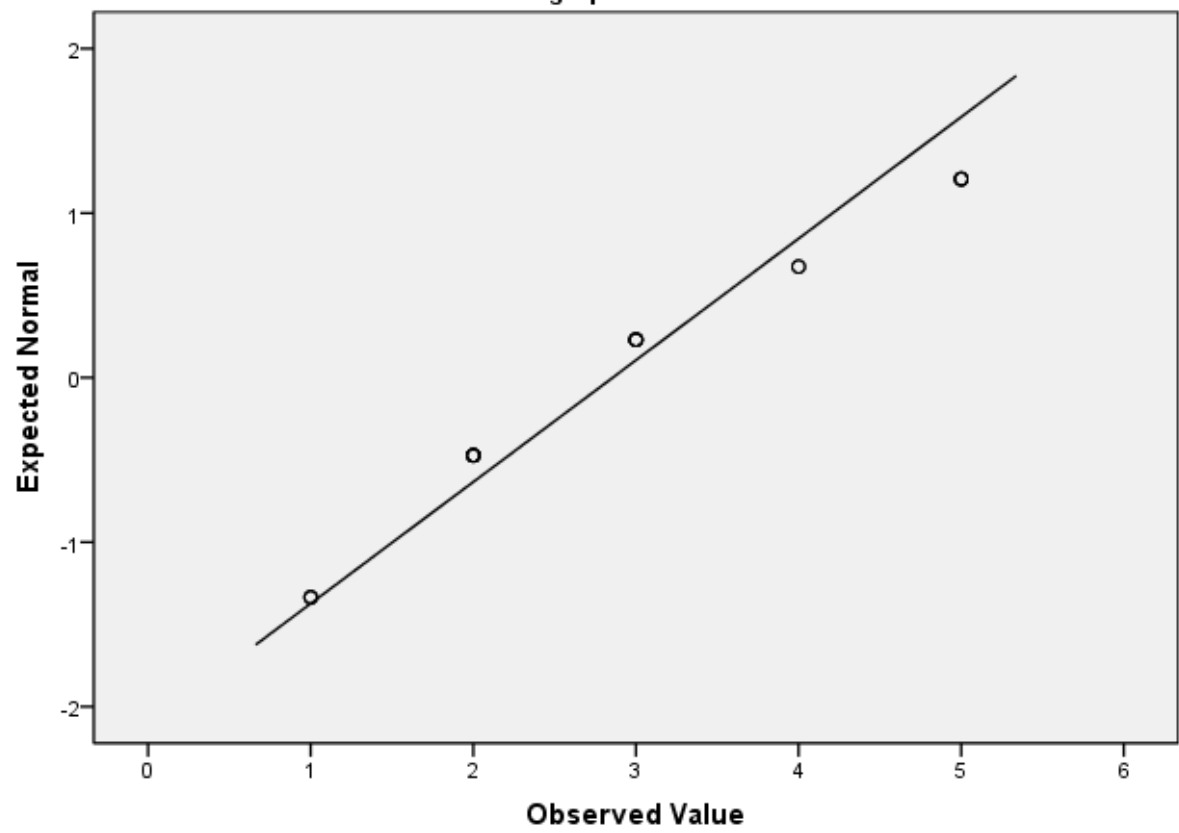
Frequency	Stem & Leaf
5,00	1 . 00000
8,00	2 . 00000000
2,00	3 . 00
5,00	4 . 00000
2,00	5 . 00

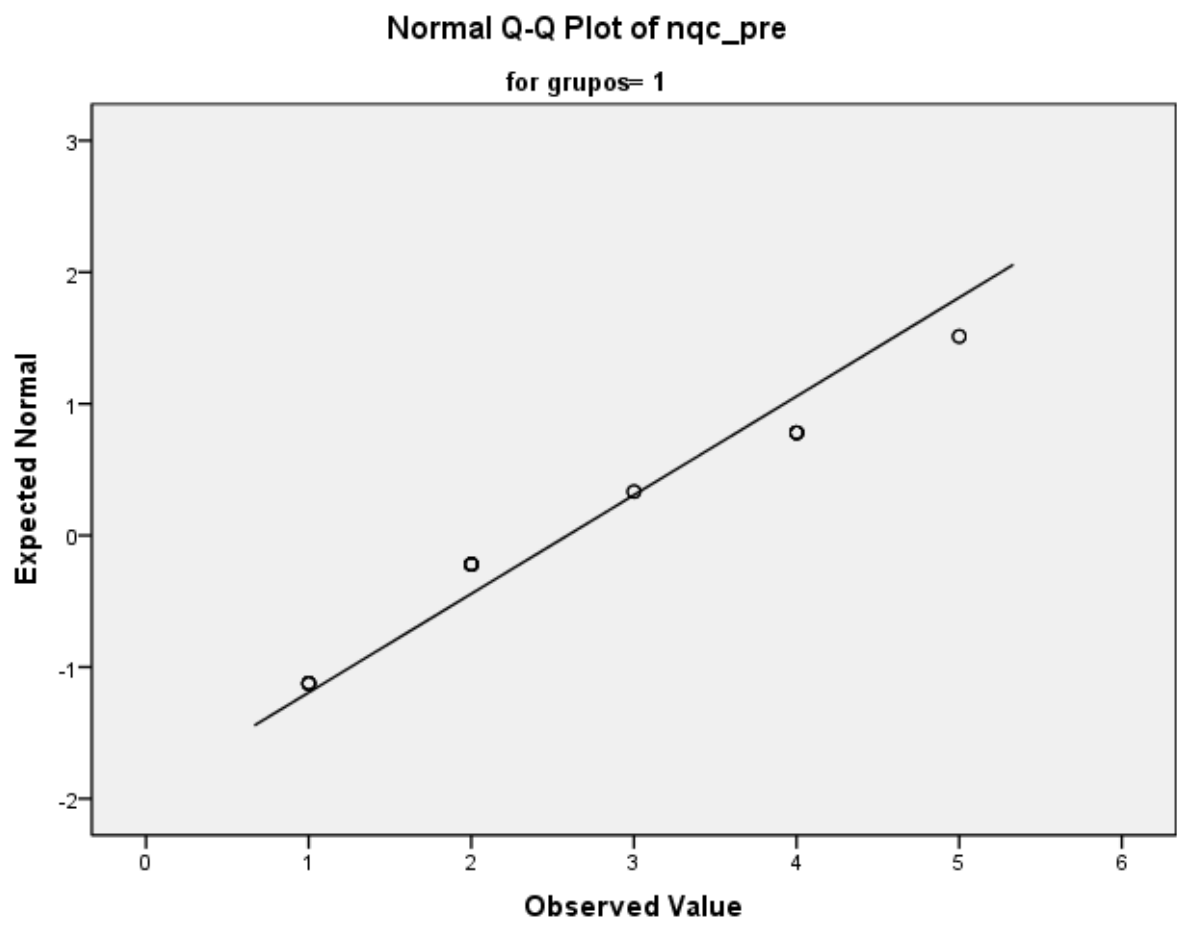
Stem width: 1

Each leaf: 1 case(s)

Normal Q-Q Plots

Normal Q-Q Plot of nqc_pre
for grupos= 0

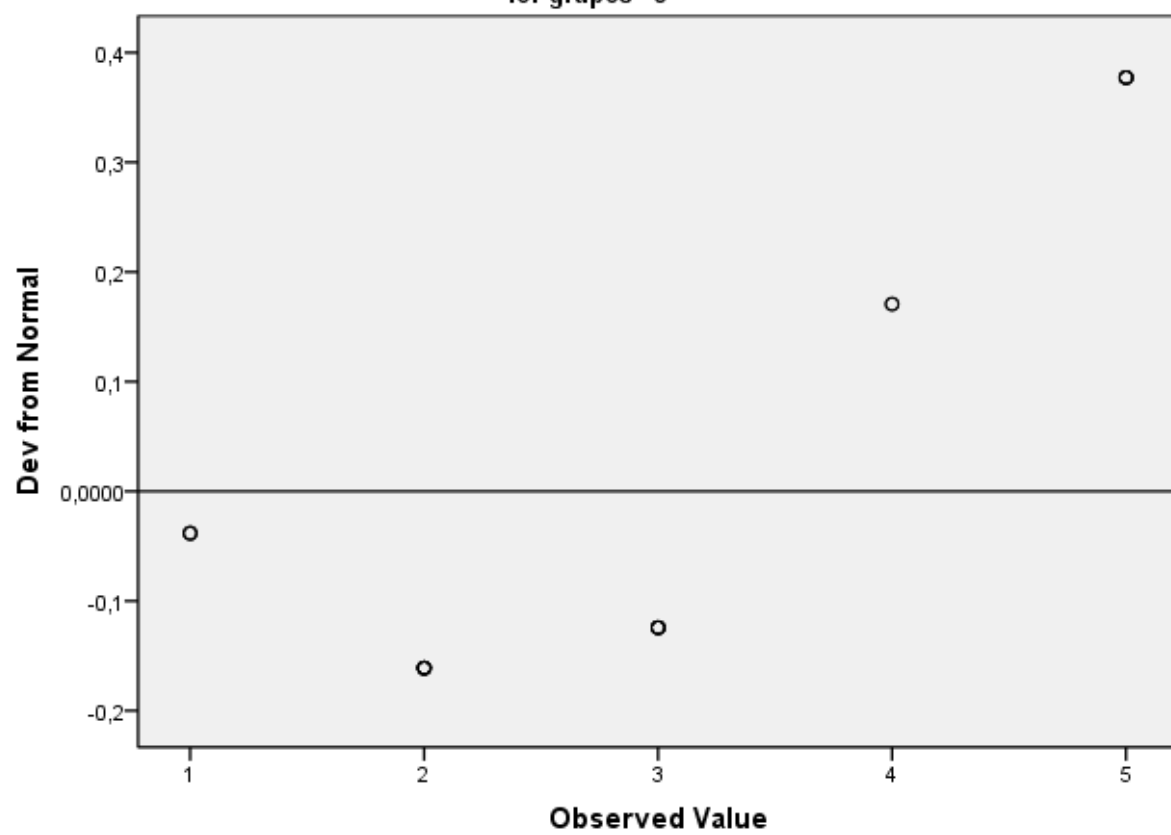




Detrended Normal Q-Q Plots

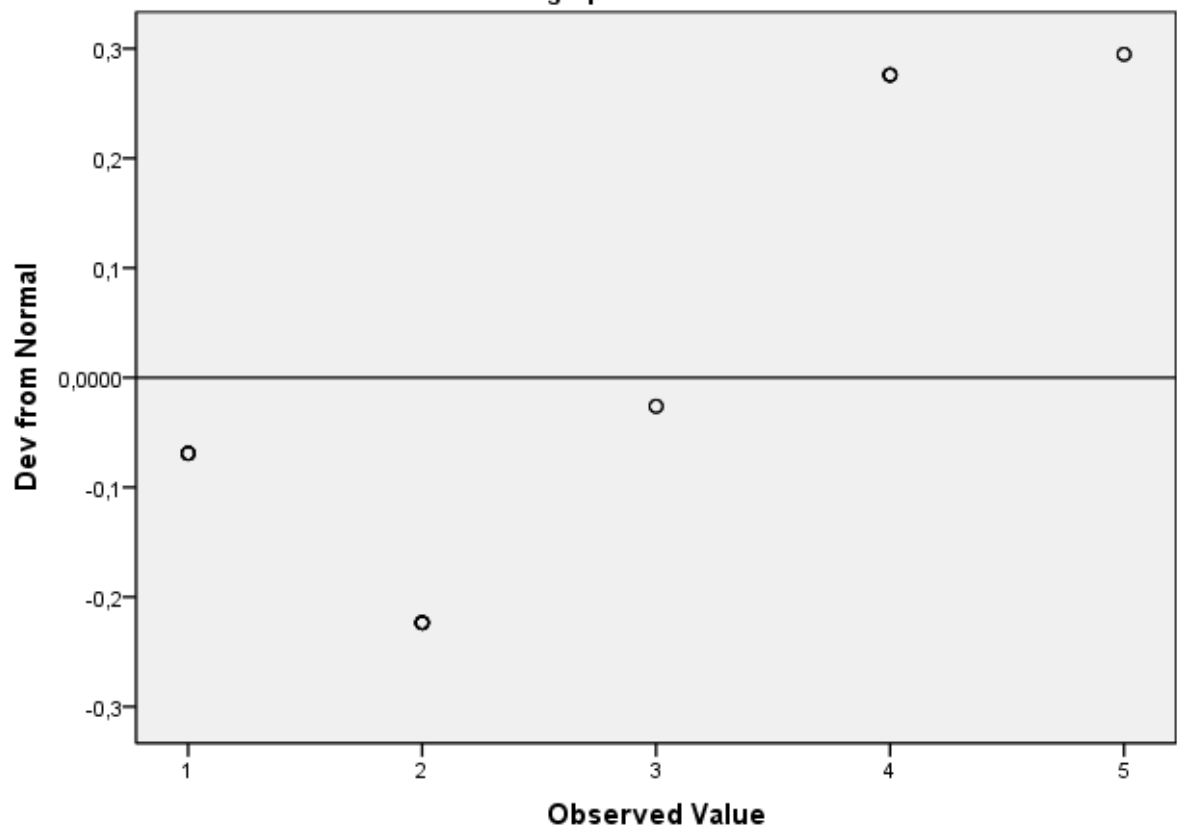
Detrended Normal Q-Q Plot of nqc_pre

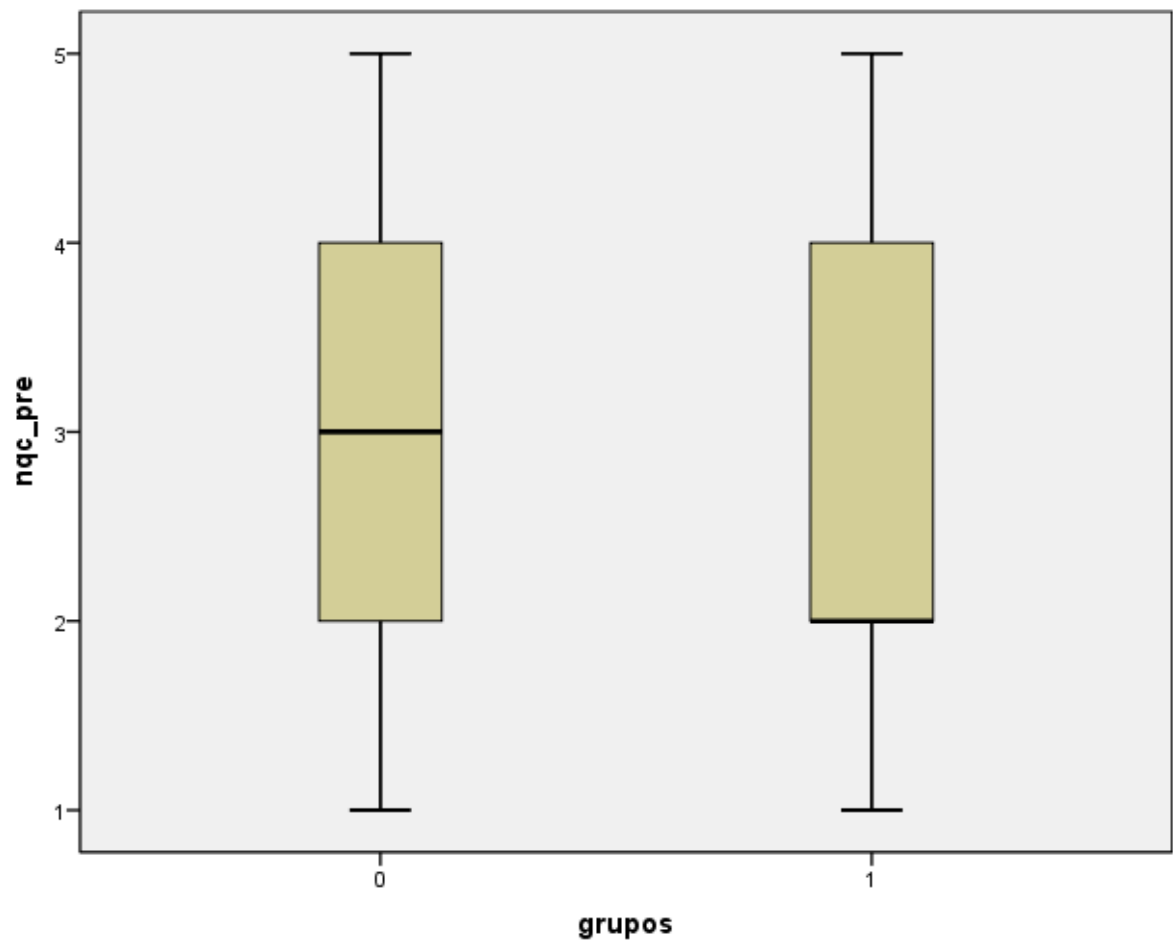
for grupos= 0



Detrended Normal Q-Q Plot of nqc_pre

for grupos= 1





NPART TESTS

/M-W= nqc_pre BY grupos(0 1)
/MISSING ANALYSIS.

NPar Tests

Notes

Output Created	12-Dez-2012 15h36min53s	
Comments		
Input	Data	C:\Users\Washington\Documents\GIL\
		Gil.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>

	Split File	<none>	
	N of Rows in Working Data		43
	File		
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.	
	Cases Used	Statistics for each test are based on all cases with valid data for the variable(s) used in that test.	
Syntax		NPAR TESTS /M-W= nqc_pre BY grupos(0 1) /MISSING ANALYSIS.	
Resources	Processor Time		00 00:00:00,015
	Elapsed Time		00 00:00:00,016
	Number of Cases Allowed ^a		112347

a. Based on availability of workspace memory.

[DataSet1] C:\Users\Washington\Documents\GIL\Gil.sav

Mann-Whitney Test

Ranks			
grupos	N	Mean Rank	Sum of Ranks
nqc_pre 0	21	23,36	490,50
1	22	20,70	455,50
Total	43		

Test Statistics ^a	
	nqc_pre
Mann-Whitney U	202,500
Wilcoxon W	455,500
Z	-,714
Asymp. Sig. (2-tailed)	,475

a. Grouping Variable: grupos

```

EXAMINE VARIABLES=nqc_pos BY grupos
/PLOT BOXPLOT STEMLEAF HISTOGRAM NPLOT
/COMPARE GROUPS
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/CINTERVAL 95
/MISSING LISTWISE
/NOTOTAL.

```

Explore

Notes		
Output Created		12-Dez-2012 15h37min48s
Comments		
Input	Data	C:\Users\Washington\Documents\GIL\Gil.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	43
	File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values for dependent variables are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any dependent variable or factor used.
Syntax		EXAMINE VARIABLES=nqc_pos BY grupos /PLOT BOXPLOT STEMLEAF HISTOGRAM NPLOT /COMPARE GROUPS /STATISTICS DESCRIPTIVES /CINTERVAL 95 /MISSING LISTWISE /NOTOTAL.
Resources	Processor Time	00 00:00:01,919
	Elapsed Time	00 00:00:01,840

[DataSet1] C:\Users\Washington\Documents\GIL\Gil.sav
grupos

Case Processing Summary							
		Cases					
		Valid		Missing		Total	
		N	Percent	N	Percent	N	Percent
grupos							
nqc_pos	0	21	100,0%	0	,0%	21	100,0%

Case Processing Summary

		Cases					
		Valid		Missing		Total	
		N	Percent	N	Percent	N	Percent
nqc_pos	0	21	100,0%	0	,0%	21	100,0%
	1	22	100,0%	0	,0%	22	100,0%

Descriptives

grupos			Statistic	Std. Error
nqc_pos	0	Mean	4,43	,272
		95% Confidence Interval for Lower Bound	3,86	
		Mean Upper Bound	5,00	
		5% Trimmed Mean	4,42	
		Median	4,00	
		Variance	1,557	
		Std. Deviation	1,248	
		Minimum	2	
		Maximum	7	
		Range	5	
		Interquartile Range	2	
		Skewness	,094	,501
		Kurtosis	-,325	,972
1		Mean	5,18	,224
		95% Confidence Interval for Lower Bound	4,72	
		Mean Upper Bound	5,65	
		5% Trimmed Mean	5,15	
		Median	5,00	
		Variance	1,108	
		Std. Deviation	1,053	
		Minimum	4	
		Maximum	7	
		Range	3	
		Interquartile Range	2	
		Skewness	,412	,491
		Kurtosis	-,968	,953

Tests of Normality

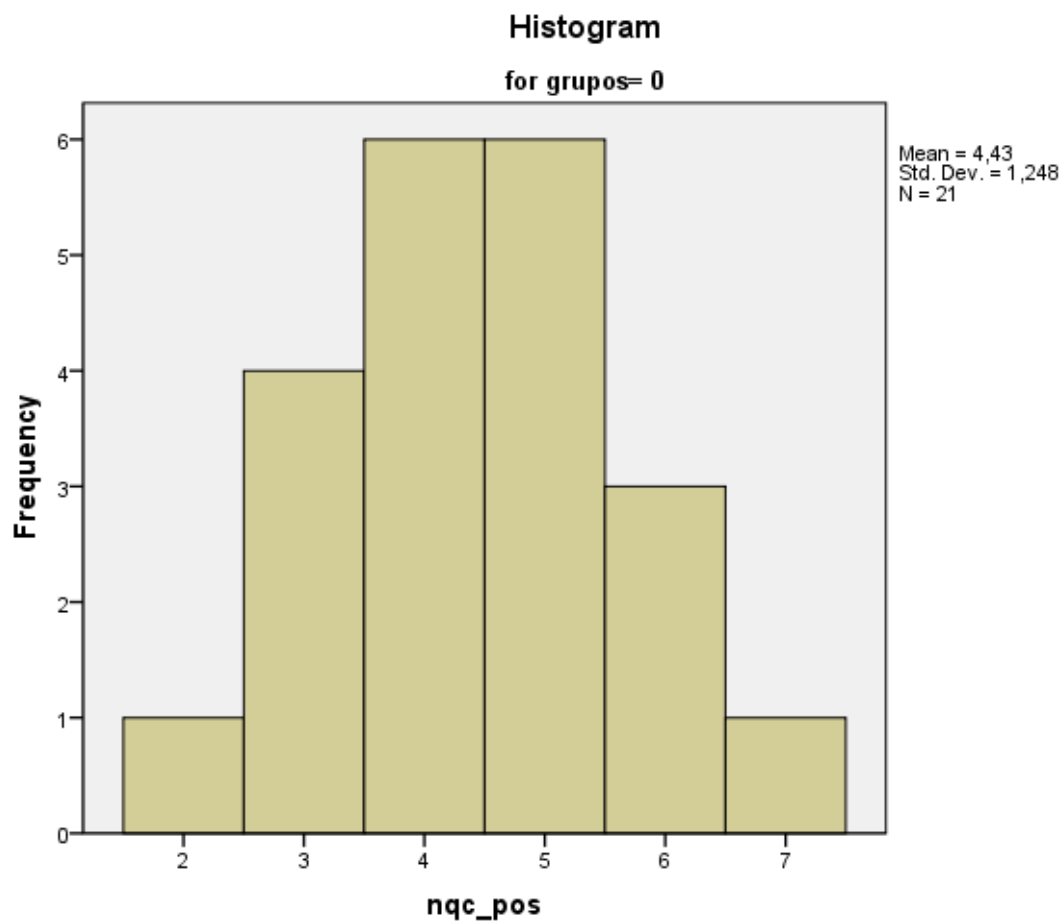
grupos		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
nqc_pos	0	,158	21	,183	,950	21	,345

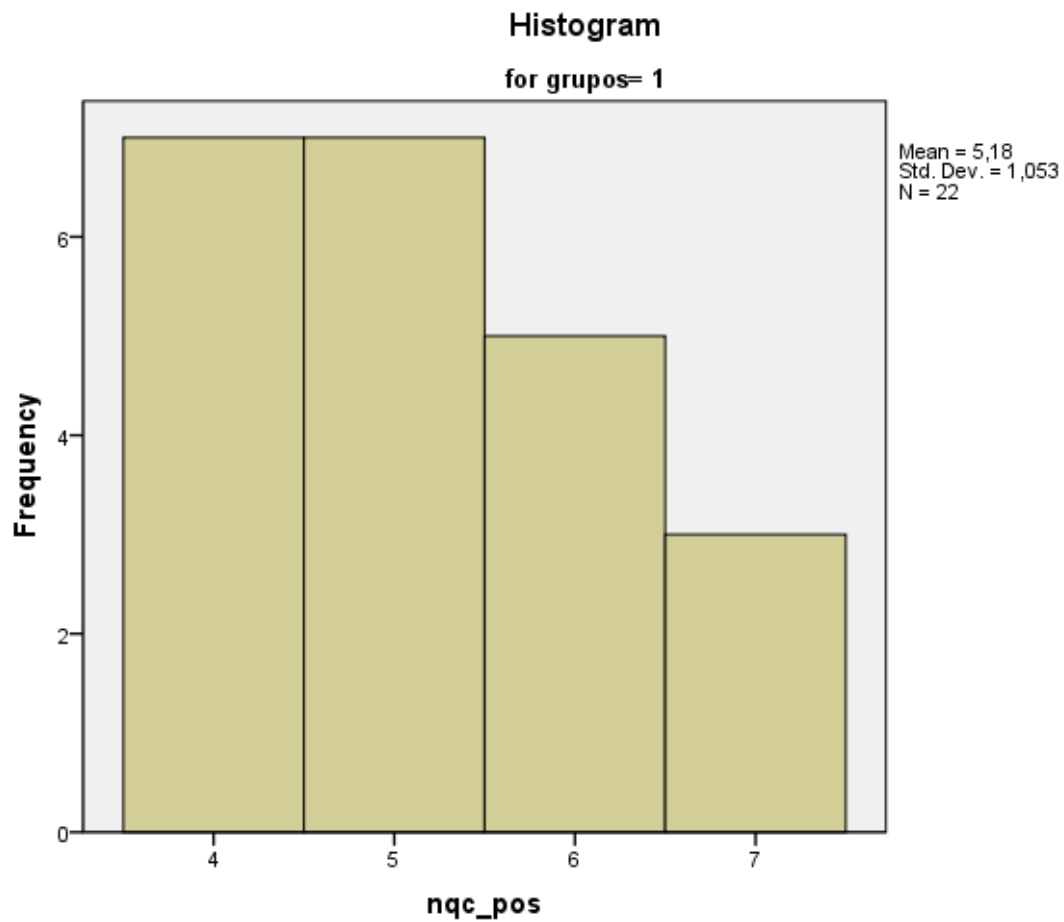
1	,205	22	,017	,862	22	,005
---	------	----	------	------	----	------

a. Lilliefors Significance Correction

nqc_pos

Histograms





Stem-and-Leaf Plots

nqc_pos Stem-and-Leaf Plot for
grupos= 0

Frequency	Stem & Leaf
1,00	Extremes ($\leq 2,0$)
4,00	3 . 0000
,00	3 .
6,00	4 . 000000
,00	4 .
6,00	5 . 000000
,00	5 .
3,00	6 . 000
1,00	Extremes ($\geq 7,0$)

Stem width: 1

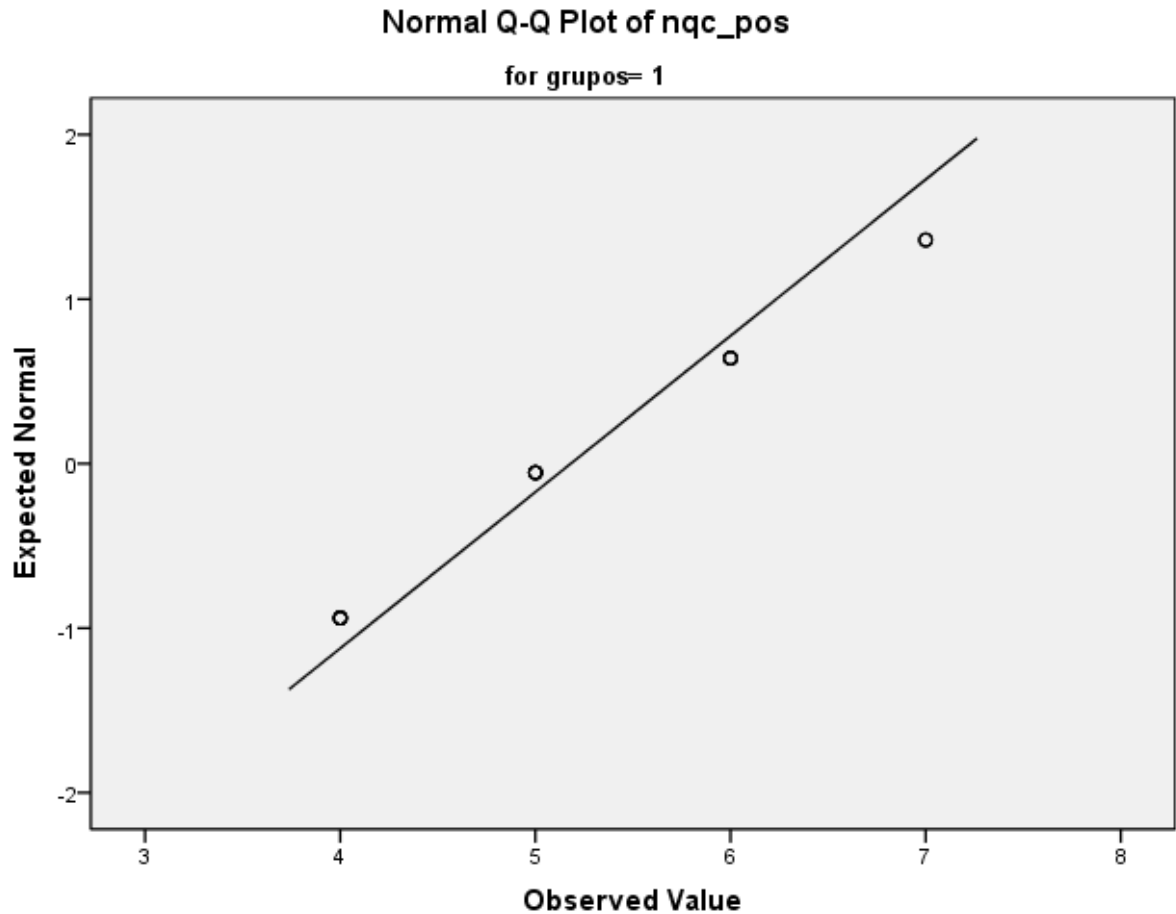
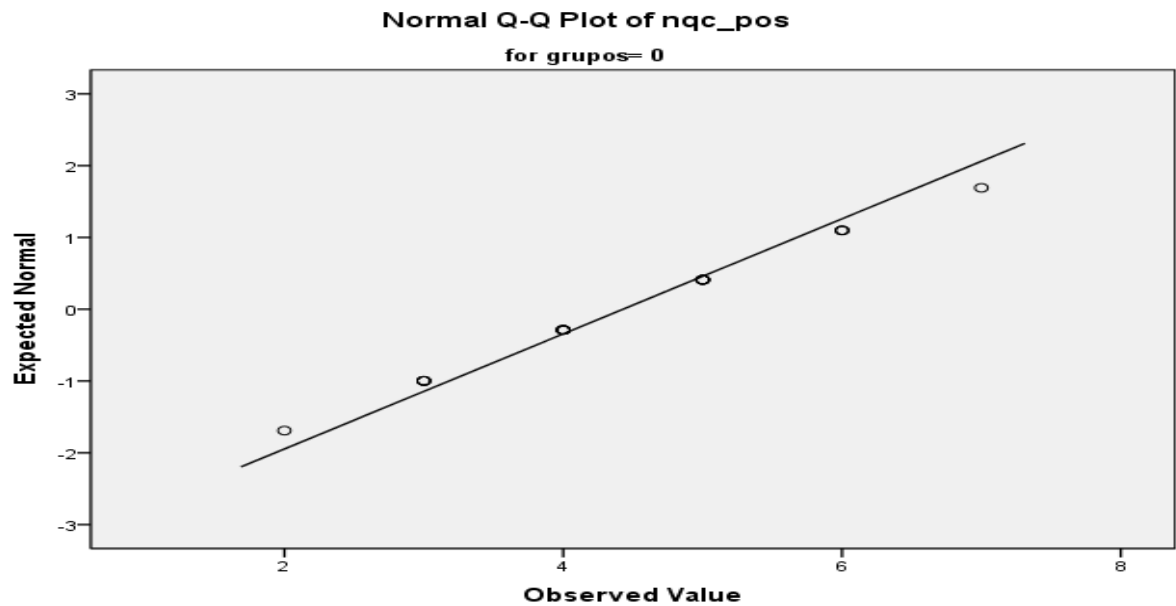
Each leaf: 1 case(s)

nqc_pos Stem-and-Leaf Plot for
grupos= 1

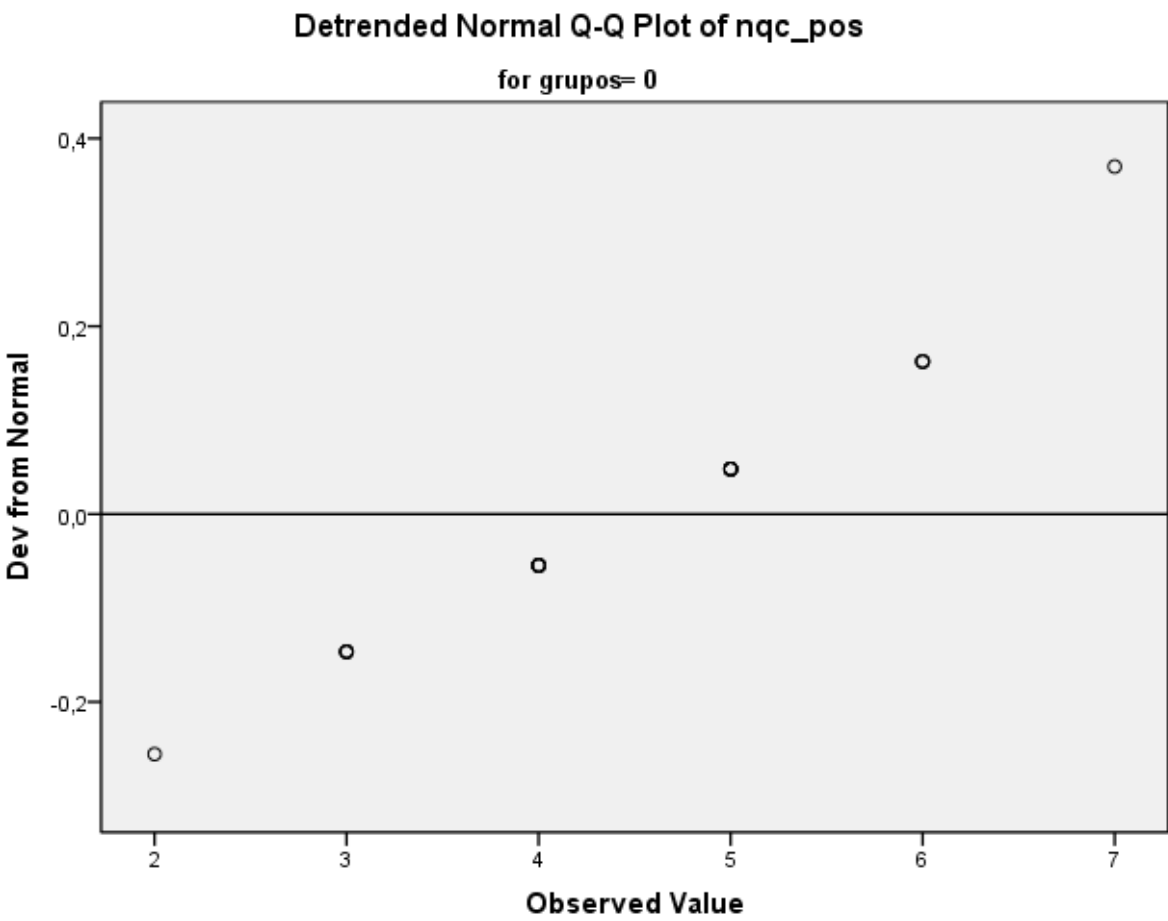
Frequency	Stem & Leaf
7,00	4 . 0000000
,00	4 .
7,00	5 . 0000000
,00	5 .
5,00	6 . 00000
,00	6 .

3,00 7 . 000
Stem width: 1
Each leaf: 1 case(s)

Normal Q-Q Plots

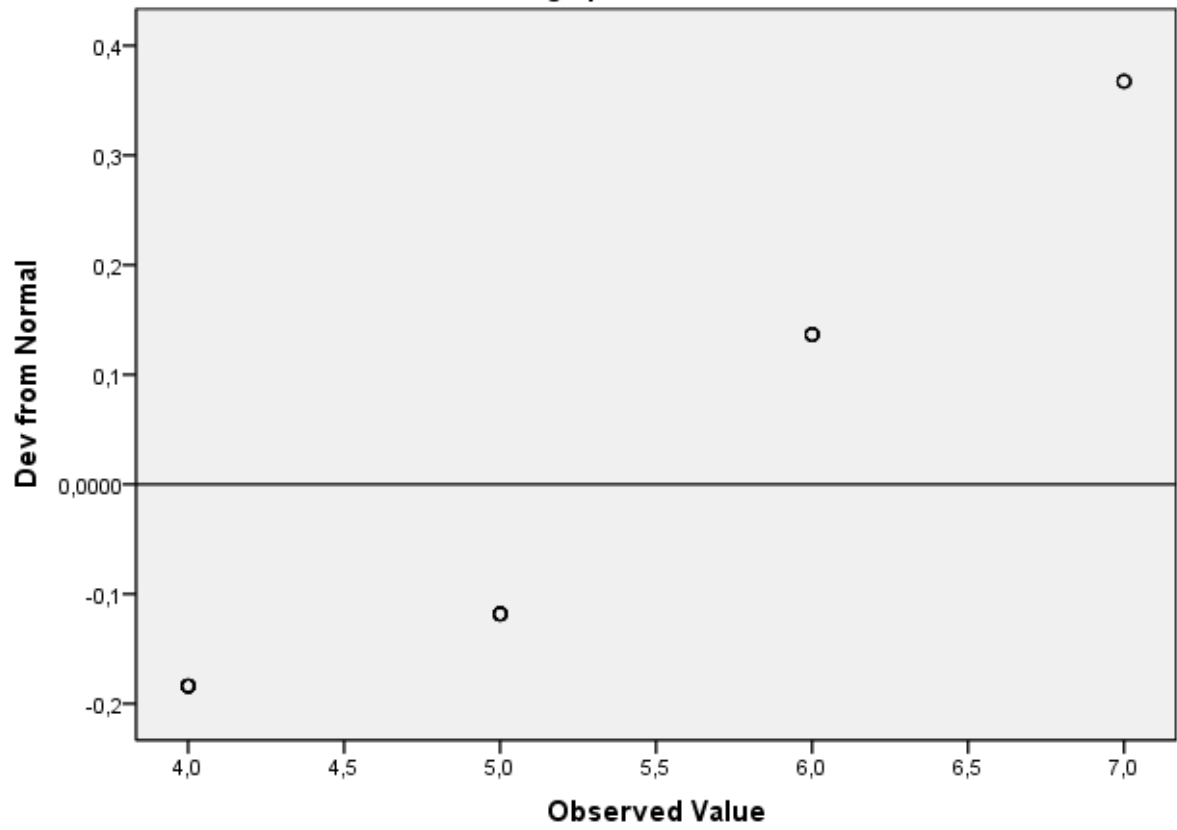


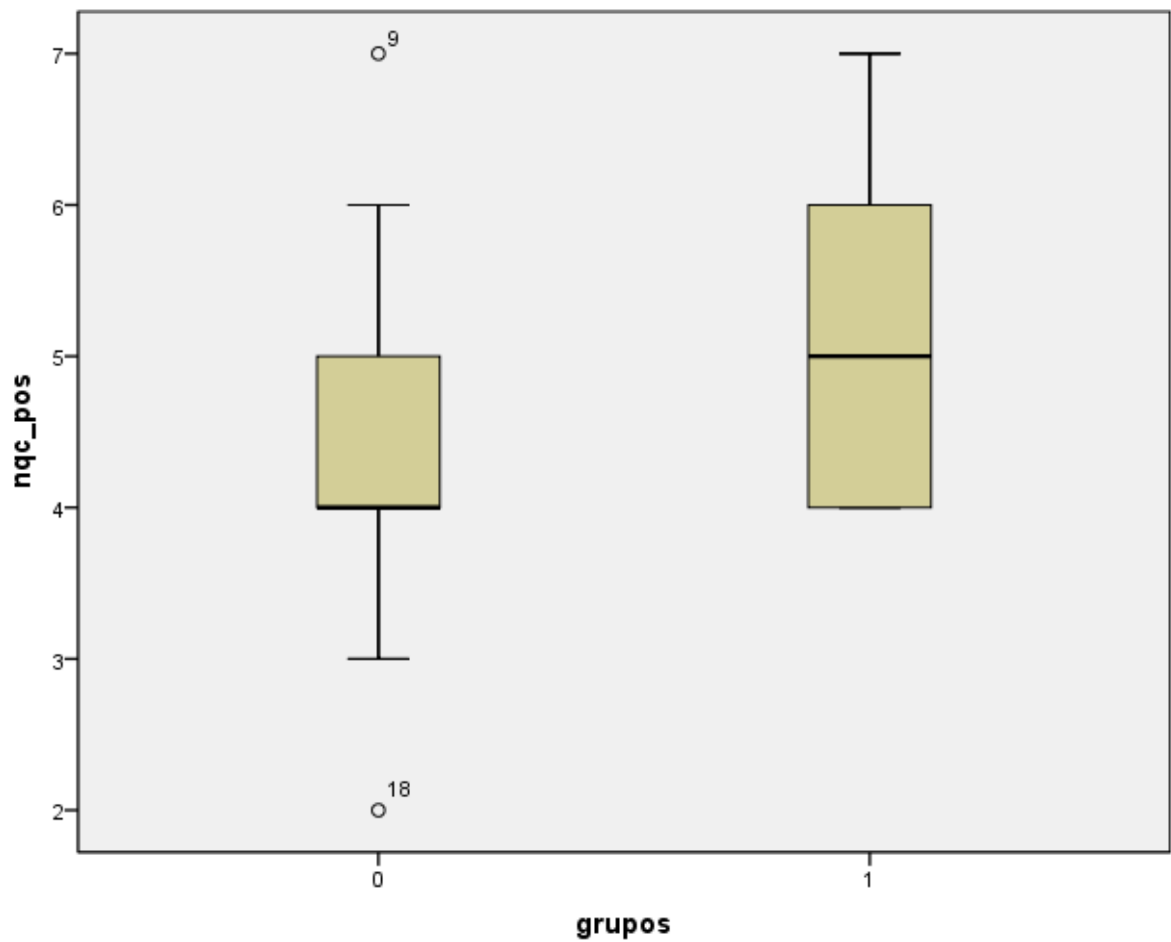
Detrended Normal Q-Q Plots



Detrended Normal Q-Q Plot of nqc_pos

for grupos= 1





NPART TESTS

/M-W= nqc_pos BY grupos(0 1)
/MISSING ANALYSIS.

NPar Tests

Notes		
Output Created		12-Dez-2012 15h39min40s
Comments		
Input	Data	C:\Users\Washington\Documents\GIL\Gil.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	43
	File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.

Cases Used		Statistics for each test are based on all cases with valid data for the variable(s) used in that test.
Syntax		NPART TESTS /M-W= nqc_pos BY grupos(0 1) /MISSING ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00 00:00:00,000
	Elapsed Time	00 00:00:00,000
	Number of Cases Allowed ^a	112347

a. Based on availability of workspace memory.

[DataSet1] C:\Users\Washington\Documents\GIL\Gil.sav

Mann-Whitney Test

Ranks				
grupos		N	Mean Rank	Sum of Ranks
nqc_pos	0	21	18,33	385,00
	1	22	25,50	561,00
	Total	43		

Test Statistics ^a	
	nqc_pos
Mann-Whitney U	154,000
Wilcoxon W	385,000
Z	-1,933
Asymp. Sig. (2-tailed)	,053

a. Grouping Variable: grupos

APÊNDICE B – Mapeamento e análise quantitativa dos dados da pesquisa utilizando o Software SPSS nas vertentes, análise descritiva e inferencial para um estudo pareado.

```
EXAMINE VARIABLES=TT_PRÉ TT_PÓS
/PLOT BOXPLOT HISTOGRAM NPLOT
/COMPARE VARIABLES
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/CINTERVAL 95
/MISSING LISTWISE
/NOTOTAL.
```

Explore

[DataSet0] C:\Users\Washington César\Documents\Gil Luna\Dados_TT.sav

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
TT_PRÉ	22	100,0%	0	,0%	22	100,0%
TT_PÓS	22	100,0%	0	,0%	22	100,0%

Descriptives

		Statistic	Std. Error
TT_PRÉ	Mean	2,59	,284
	95% Confidence Interval for Lower Bound	2,00	
	Mean Upper Bound	3,18	
	5% Trimmed Mean	2,55	
	Median	2,00	
	Variance	1,777	
	Std. Deviation	1,333	
	Minimum	1	
	Maximum	5	

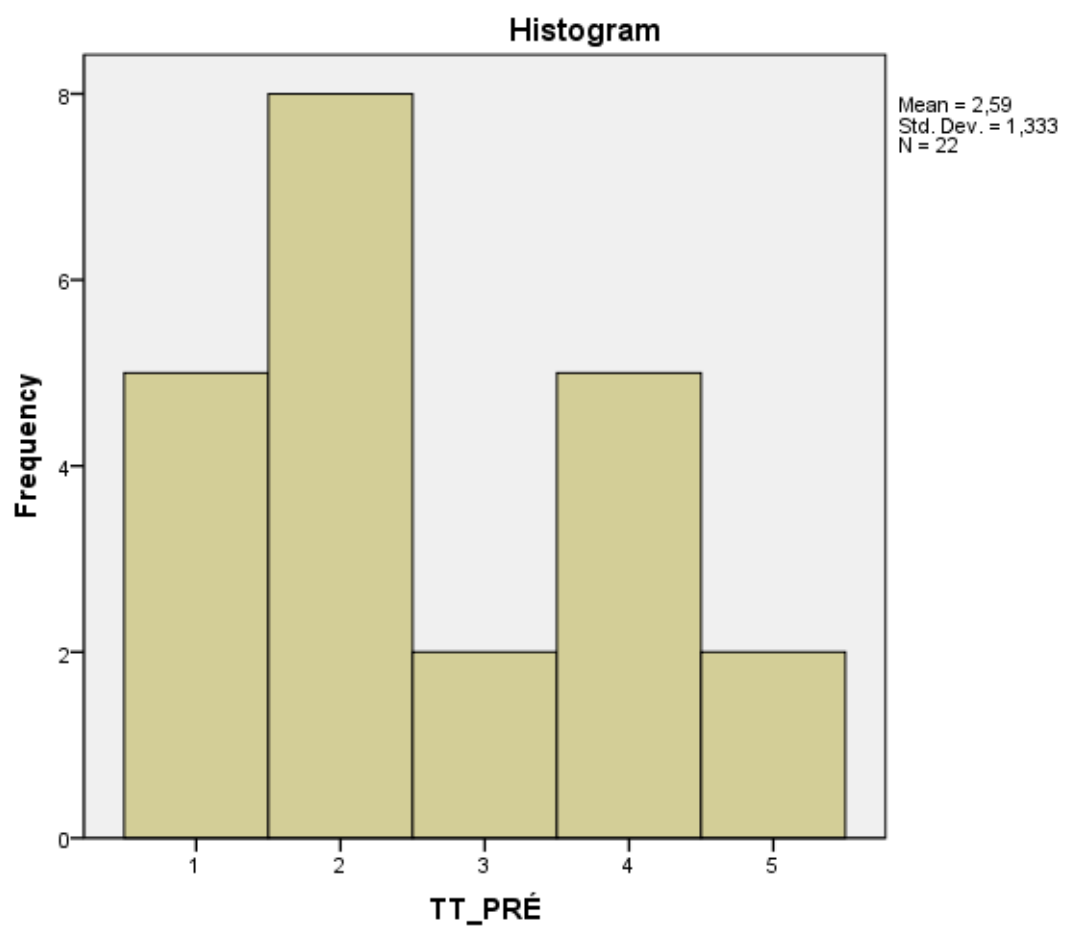
	Range		4	
	Interquartile Range		2	
	Skewness		,449	,491
	Kurtosis		-1,069	,953
TT_PÓS	Mean		5,32	,232
	95% Confidence Interval for	Lower Bound	4,84	
	Mean	Upper Bound	5,80	
	5% Trimmed Mean		5,30	
	Median		5,00	
	Variance		1,180	
	Std. Deviation		1,086	
	Minimum		4	
	Maximum		7	
	Range		3	
	Interquartile Range		2	
	Skewness		,272	,491
	Kurtosis		-1,145	,953

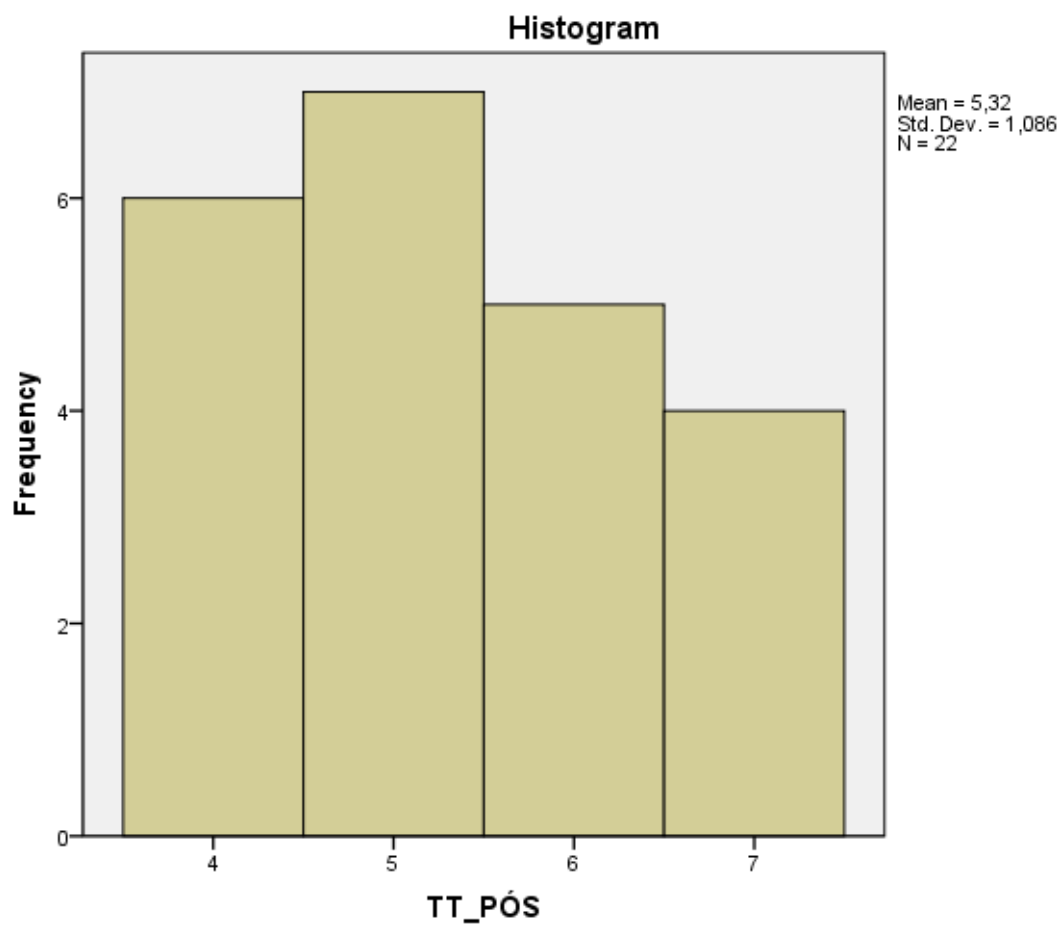
Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TT_PRÉ	,262	22	,000	,872	22	,008
TT_PÓS	,206	22	,016	,868	22	,007

a. Lilliefors Significance Correction

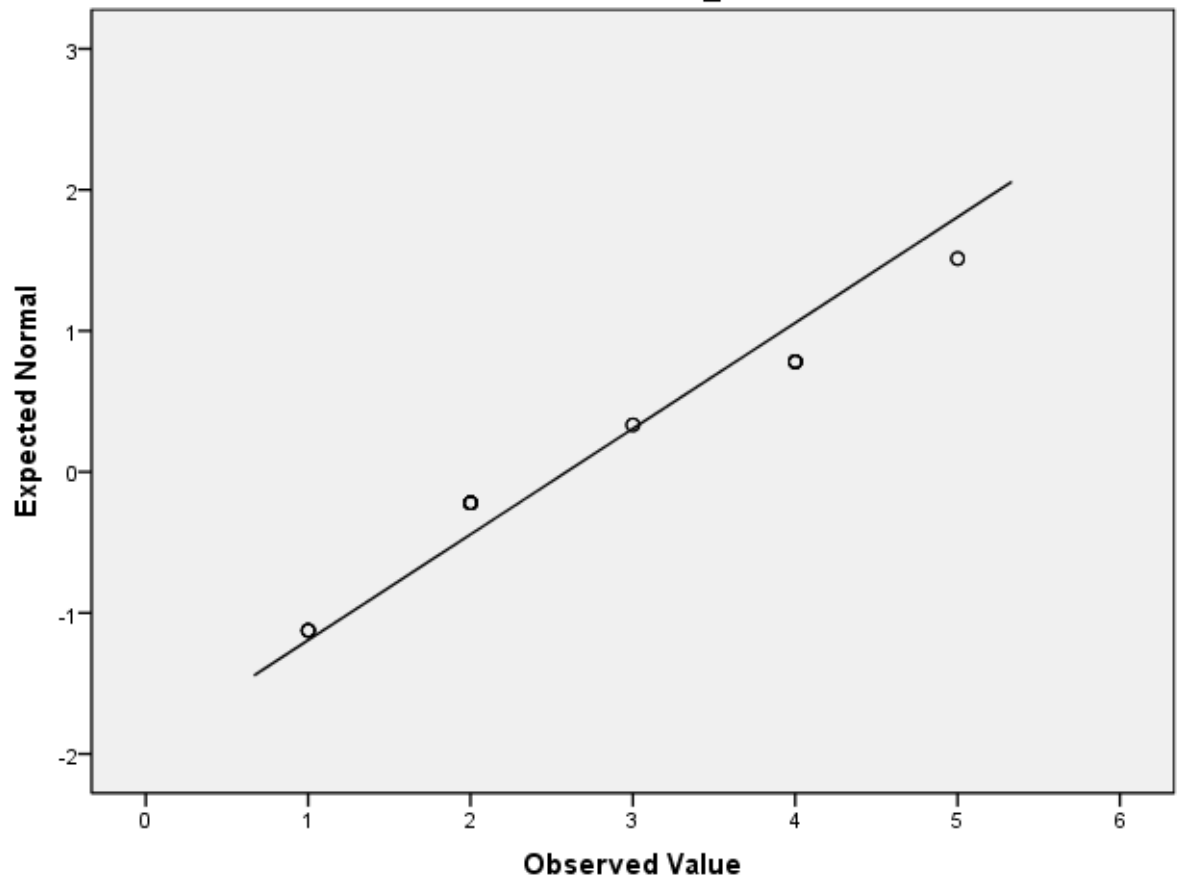
Histograms

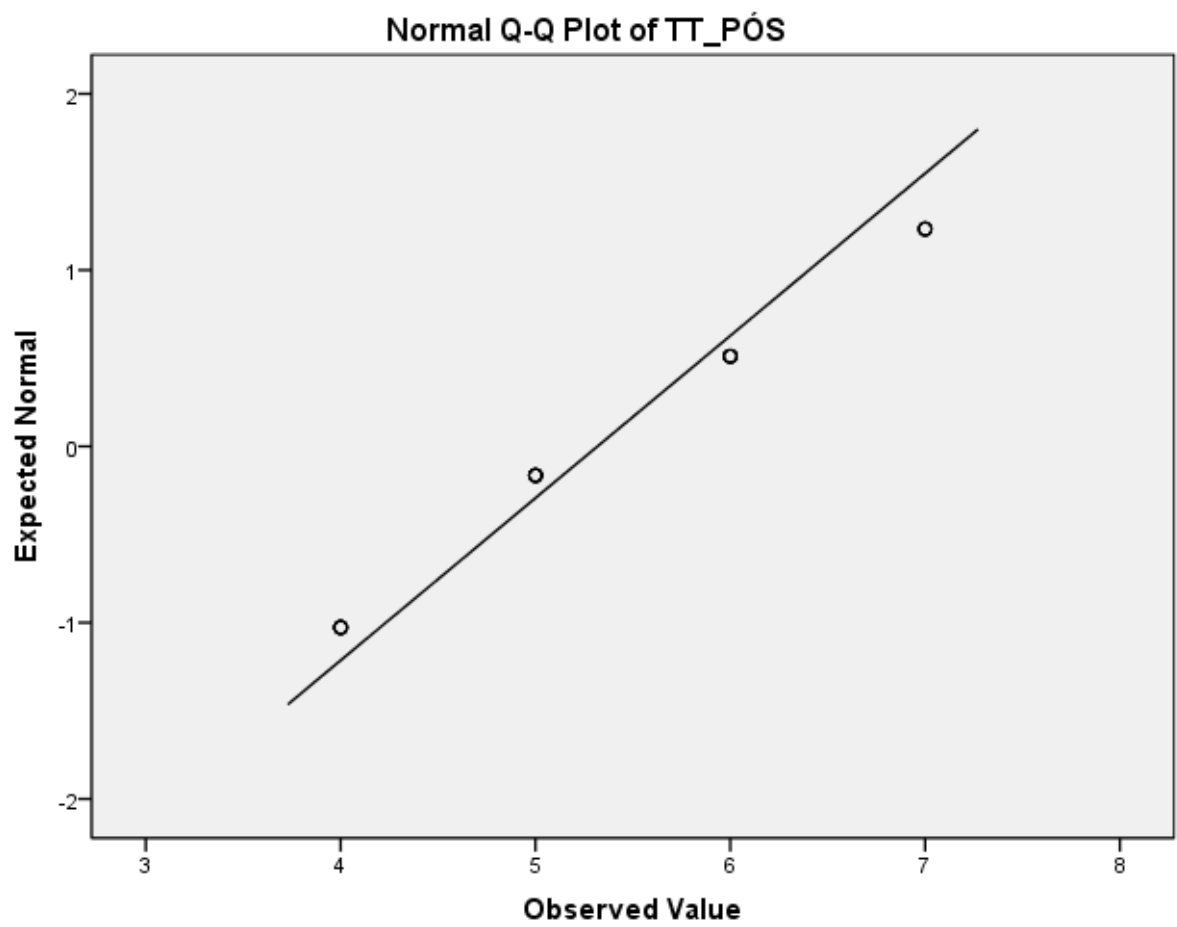




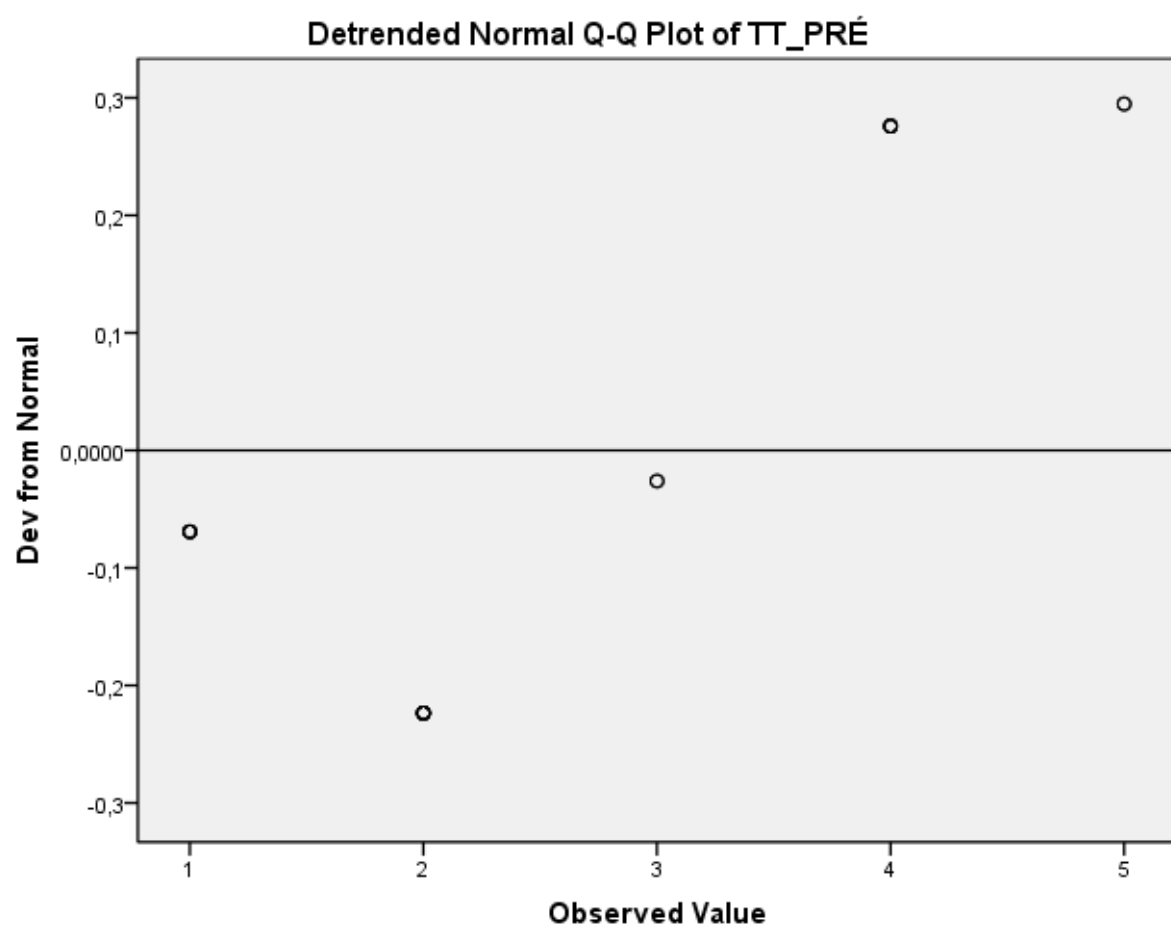
Normal Q-Q Plots

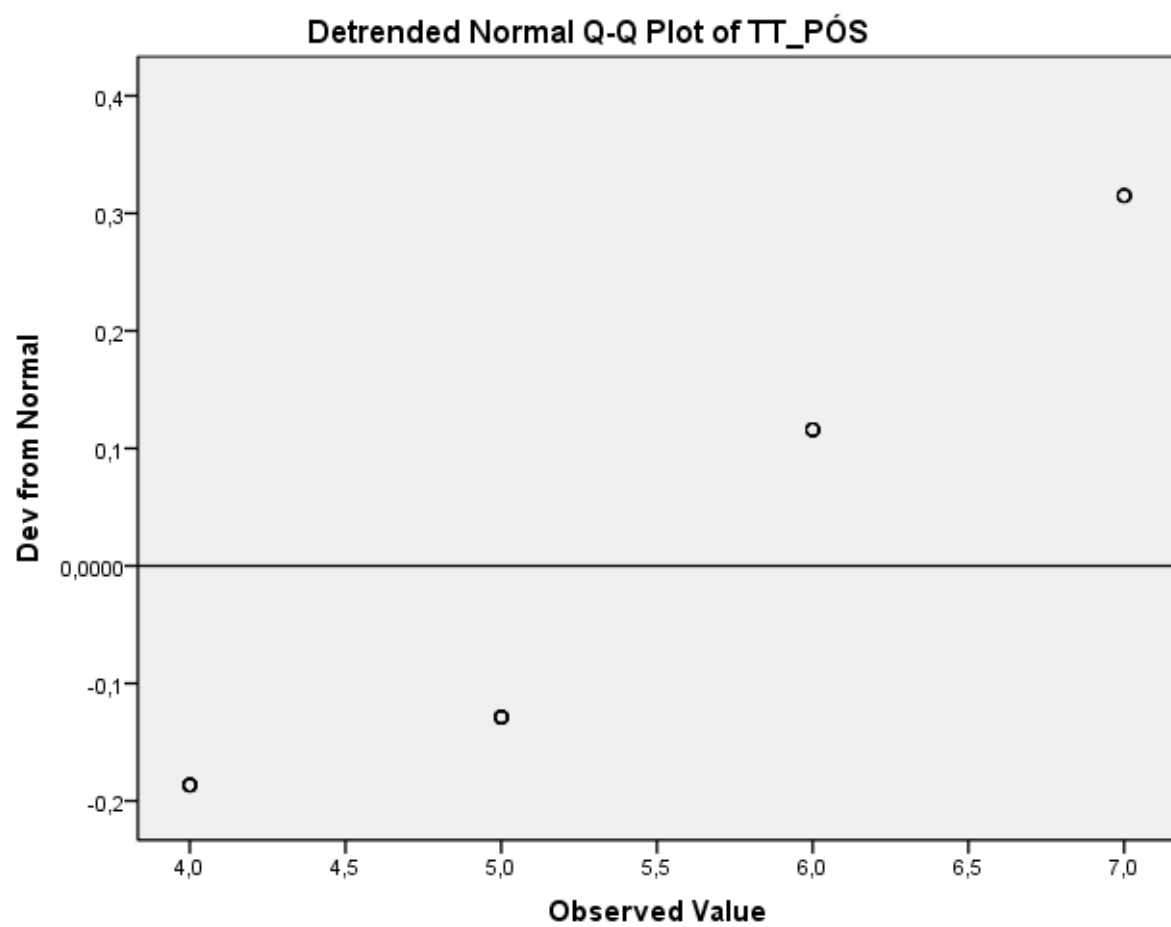
Normal Q-Q Plot of TT_PRÉ

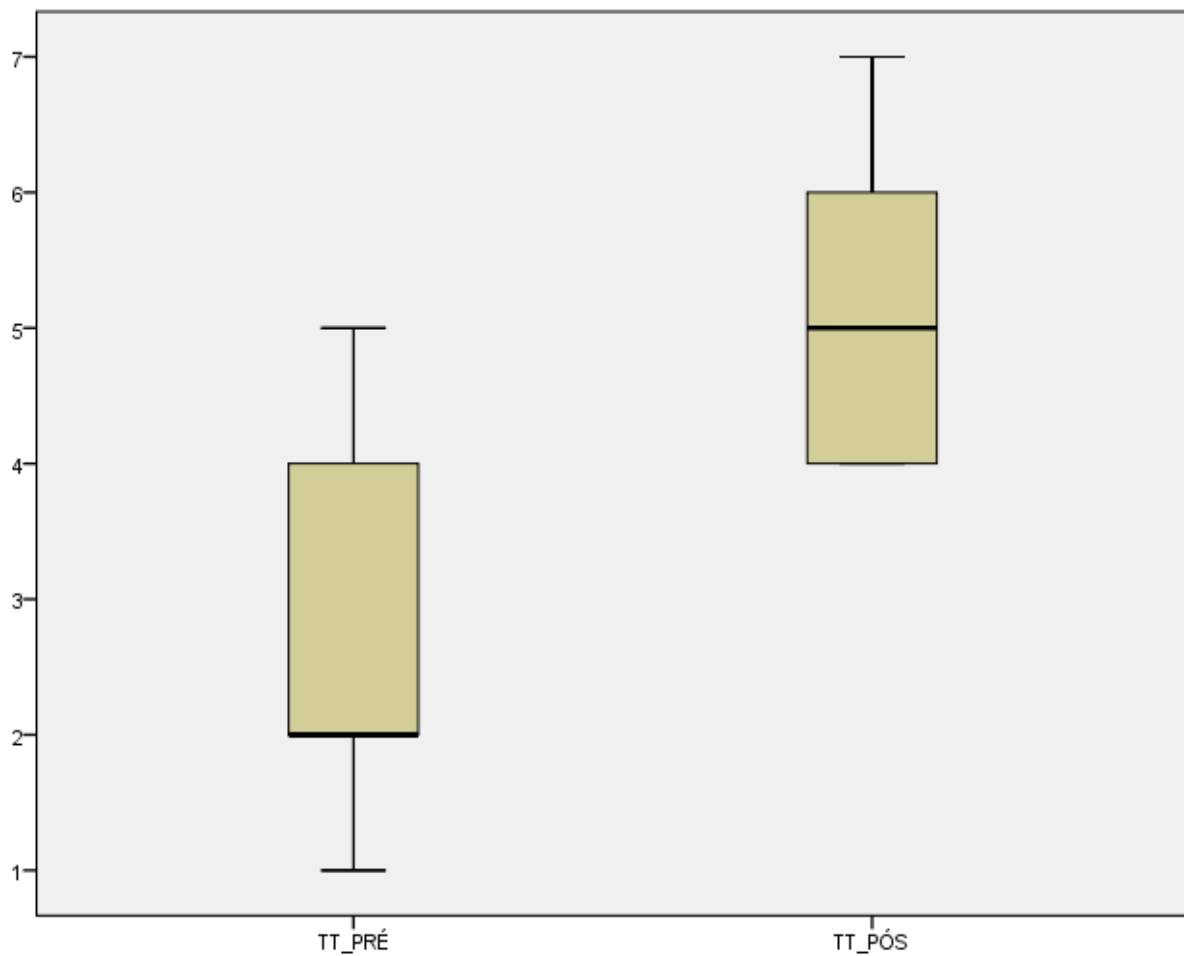




Detrended Normal Q-Q Plots







T-TEST PAIRS=TT_PRÉ WITH TT_PÓS (PAIRED)
 /CRITERIA=CI(.9500)
 /MISSING=ANALYSIS.

T-Test

[DataSet0] C:\Users\Washington César\Documents\Gil Luna\Dados_TT.sav

Paired Samples Statistics				
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 TT_PRÉ	2,59	22	1,333	,284

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	TT_PRÉ	2,59	22	1,333	,284
	TT_PÓS	5,32	22	1,086	,232

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	TT_PRÉ & TT_PÓS	22	,489	,021

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	TT_PRÉ - TT_PÓS	-2,727	1,241	,265

Paired Samples Test

Paired Samples Test						
		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	TT PRÉ - TT PÓS	-3,278	-2,177	-10,304	21	,000

NPAR TESTS

/WILCOXON=TT_PRÉ WITH TT_PÓS (PAIRED)

/STATISTICS DESCRIPTIVES

/MISSING ANALYSIS.

NPar Tests

[DataSet0] C:\Users\Washington César\Documents\Gil Luna\Dados_TT.sav

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
TT_PRÉ	22	2,59	1,333	1	5
TT_PÓS	22	5,32	1,086	4	7

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks		N	Mean Rank	Sum of Ranks
TT_PÓS - TT_PRÉ	Negative Ranks	0 ^a	,00	,00
	Positive Ranks	22 ^b	11,50	253,00
	Ties	0 ^c		
	Total	22		

a. TT_PÓS < TT_PRÉ

b. TT_PÓS > TT_PRÉ

c. TT_PÓS = TT_PRÉ

Test Statistics ^b	
	TT_PÓS - TT_PRÉ
Z	-4,159 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

a. Based on negative ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

APÊNDICE C – Questionário semiestruturado elaborado para mapear dados auxiliares para a análise qualitativa da metodologia construtivista aplicada. Adaptado dos Critérios de Qualificação e Síntese Avaliativa do MEC/PNLEM/Física/2009.

 IFPB	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA - IFPB
 UFPB	UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO - PPGE Doutorado Prof.: Gil Luna Rodrigues

QUESTIONÁRIO 1

Eixo Temático – Termodinâmica	
Aluno:	Curso:
Matrícula:	Data: ____/____/____.

Este questionário foi elaborado objetivando mapear dados auxiliares para análise qualitativa da metodologia construtivista desenvolvida ao longo do tratamento

A coleta de dados referencia a exploração e uso do objeto de aprendizagem Segunda Lei da Termodinâmica, tratamento efetivado na etapa O₄ do processo de construção do conhecimento.

Classificação	Categorias	Ótimo	Bom	Regular	Ruim
Quanto à apresentação	Modelo explicativo				
	Interface				
	Acessibilidade				
	Linguagem midiática				

E comunicação	Reprodução virtual do fenômeno				
	Facilidade de navegação				
	Qualidade pedagógica				
Quanto ao conteúdo	Apresentação				
	Seleção				
	Interdisciplinaridade				
	Adequação a capacidade cognitiva do aprendiz				
	Ideia-âncora				
	Argumentação				
	Contextualização				
	Qualidade dos textos				
	Qualidade das animações				
	Mapa conceitual				
	Contexto histórico				
	Tabelas e gráficos				
Quanto às atividades Investigação e Compreensão	Criatividade				
	Estratégia de enfrentamento				
	Solução de problemas				
	Interação teoria e prática				
	Construção individualizada do conhecimento				
	Discussão				
	Argumentação				
	Relação ciência e tecnologia				
	Motivação				
	Gradação de dificuldades				
	Processo avaliativo				
	Cronograma de ação				
	Modelo interativo				

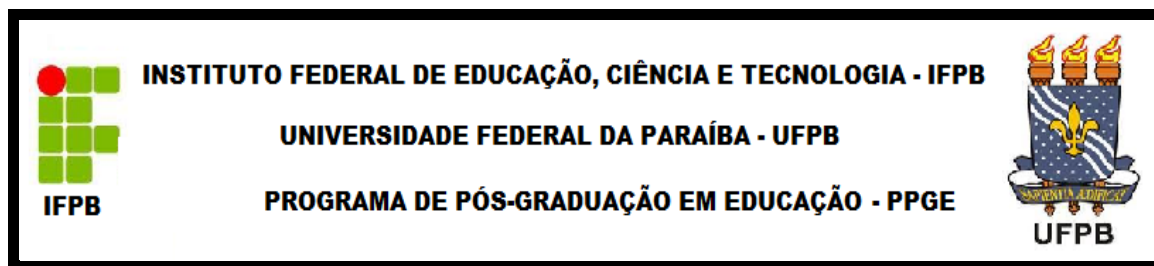
Expresse sua opinião sobre:

Metodologia

Dificuldades encontradas

Sugestões:

APENDICE D – Validação por Especialistas das questões do Pré-teste e Pós-teste a serem utilizadas no Trabalho de Tese.



Nível: Doutorado

Linha de Pesquisa: Processos de Ensino-Aprendizagem

Validação por Especialistas das questões do pré-teste e pós-teste a serem utilizados no Trabalho de Tese

• Introdução:

A presente atividade consiste em uma avaliação por Especialistas das questões que farão parte dos objetos de pesquisa (pré-teste e pós-teste), a serem aplicados junto aos aprendizes que compõem o nosso universo amostral. Esta avaliação contribui para duas vertentes: análise do conteúdo e análise técnica (pedagógica).

• Objetivo geral:

⇒ Determinar o nível de confiabilidade das questões que irão compor os objetos de pesquisa (pré-teste e pós-teste).

• Objetivos específicos:

- Identificar nas questões a abrangência do conteúdo dentro do eixo temático Termodinâmica;
- Verificar o grau de facilidade de resolução das questões;
- Analisar se as questões estão coerentes para avaliar uma aprendizagem compatível com a teoria ausubeliana;
- Associar a pertinência das questões como um componente do pré-teste, do pós-teste ou de ambos;
- Avaliar se as questões são relevantes para o mapeamento dos subsunçores no eixo temático Termodinâmica;
- Analisar se as questões são pertinentes para verificar a aprendizagem como geradora de uma modificação da estrutura cognitiva do aprendiz;

- Inferir suportes de referência na questão, tais como: gravuras, figuras, mapas, tabelas.

Observação:

⇒ **Para uma melhor elucidação por parte do pesquisador, sugerimos ao avaliador o seguinte referencial para a análise das questões:**

1. A questão enfoca um conceito (subsunção) significativo da Física dentro do eixo temático Termodinâmica?
2. A questão permite que o aprendiz externalize seus conhecimentos de Física?
3. A questão foi formulada de modo que o aprendiz possa resolvê-la com sucesso, mediante uma reflexão mais profunda dos conceitos científicos da Termodinâmica?
4. A questão pode ser resolvida corretamente, bastando que o aprendiz faça conexão entre os conteúdos da Física com temas do seu cotidiano?
5. A questão exige do aprendiz formar conexões entre diversos conceitos da Física que lhe propicie formular sentenças que possibilitem sua solução?
6. A questão vislumbra em sua solução uma hierarquia de conceitos, partindo do mais geral ao mais específico?
7. A questão quanto ao grau de dificuldade da resolução, pode ser classificada em:

A – muito fácil	B - fácil	C - regular	D- difícil	E –muito difícil
------------------------	------------------	--------------------	-------------------	-------------------------

8. A questão é pertinente para:

F – Pré-teste	G – Pós-teste	H – Pré e Pós-testes	I - Não Incluir
----------------------	----------------------	-----------------------------	------------------------

9. Análise técnica, isto é, a eficiência da questão como um instrumento educativo e convergência entre o meio de comunicação avaliado e

avaliador, levando em conta a Taxonomia de Bloom Revisada possui um nível de eficiência:

J – Muito alto	K - Alto	L - Médio	M - Baixo	N – Muito baixo
-----------------------	-----------------	------------------	------------------	------------------------

PARECER Nº 1

PARECER

★ Professor:

Nilson Fernanes Thomas da Silva

► Instituição: **Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba**

Nº da Questão	Grau de Dificuldade	Pertinência	Análise Técnica
1	B	H	K
2	E	H	K
3	D	H	K
4	C	H	K
5	B	H	K
6	C	H	K
7	C	H	K

Comentário Complementar

As questões são importantes do ponto de vista conceitual, abordando temas fundamentais para o aluno e que tem ainda correlação com assuntos do cotidiano, além da Termodinâmica. Mesmo as questões mais fáceis são indispensáveis, pois abordam definições gerais que permitem mais adiante a compreensão de assuntos mais específicos. Em geral as questões permitem que o professor avalie o que o aluno tem de conhecimentos anteriores facilitando a abordagem de novos temas a partir de analogias com temas já trabalhados com o aluno.


Prof. Dr.

PARECER Nº 2

PARECER

★ Professor:

Amundo Santos Pessoa Neto

► Instituição:

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Nº da Questão	Grau de Dificuldade	Pertinência	Análise Técnica
1	B	F	M
2	C	H	K
3	C	G	L
4	D	F	K
5	E	G	J
6	E	H	J
7	D	F	K

Comentário Complementar

As questões apresentadas demonstram coerência com os objetivos levantados pelo candidato, podendo estas serem utilizadas no objeto de estudo. No entanto, o candidato deverá ater-se a formatação das questões, tais como: enumerar as figuras, equações e tabelas com suas respectivas legendas.

Na questão 2 (Q2), as equações são as mesmas e não precisam ser repetidas em cada item.

Sugestão: Apresentá-la no início da questão junto com a figura.

Amundo Santos Pessoa Neto

Prof. Dr.

PARECER Nº 3

PARECER

★ Professor:

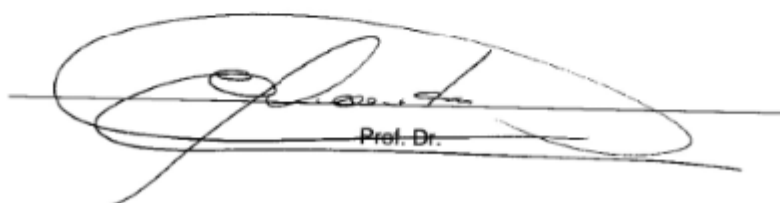
Dr. Francisco Emanuel Ferreira de Almeida

► Instituição: **Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba**

Nº da Questão	Grau de Dificuldade	Pertinência	Análise Técnica
1	C	H	L
2	D	G	K
3	C	H	K
4	B	F	L
5	C	H	L
6	C	F	L
7	C	G	L

Comentário Complementar

As questões apresentam uma boa abrangência conceitual da Termodinâmica. Além do mais, na questão de número 5 é possível solucionar um problema em estudo com conceitos e a utilização da Matemática.



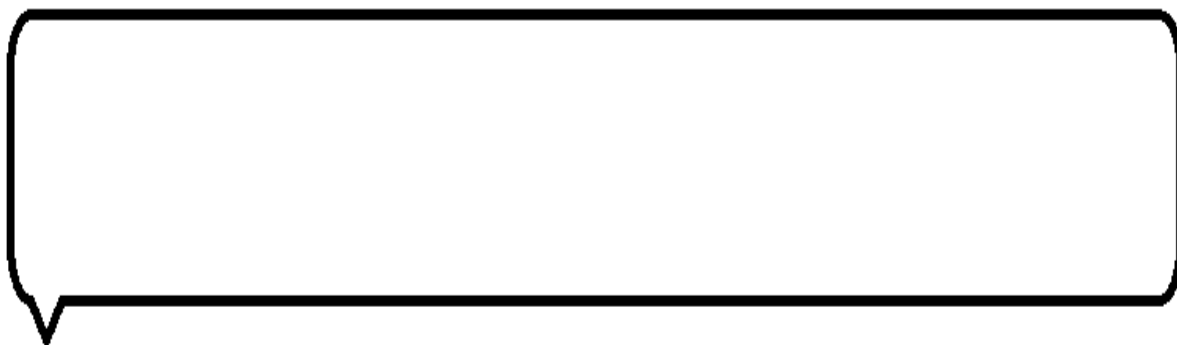
Prof. Dr.

APÊNDICE E – Questões contidas no Pré-teste e Pós-teste aplicadas para o mapeamento da posse dos conceitos da Física no eixo Termodinâmica.

➤ **Questão 1 (Q₁)**

Duas esferas, uma maciça e outra oca (casca esférica) são feitas do mesmo metal (mesmo coeficiente médio de expansão volumar - γ) e possuem mesmo raio. As duas esferas são aquecidas (sem mudança de fase), quando submetidas a um mesmo aumento de temperatura (ΔT - pequeno o bastante) que conduz a uma expansão térmica (ΔV) suficientemente pequena em comparação às dimensões iniciais delas. Sobre este fenômeno qual das afirmações está correta:

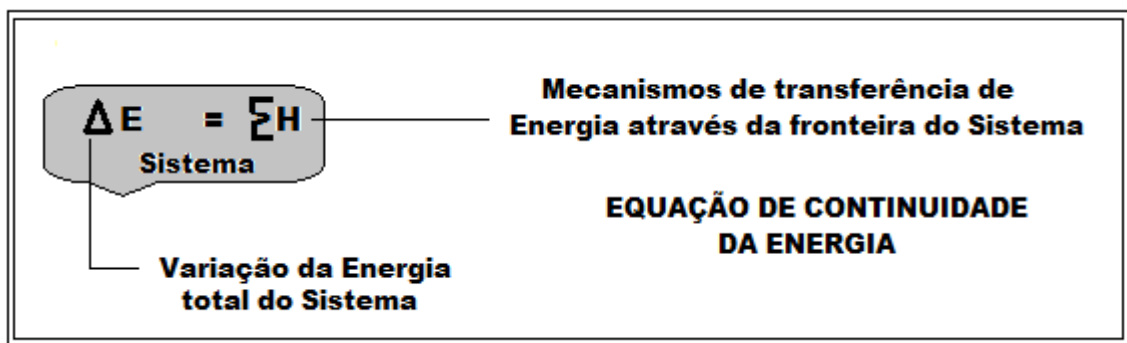
- I- A casca esférica sofre uma expansão (térmica) maior que a esfera maciça.
- II- A esfera maciça sofre uma expansão (térmica) maior que a casca esférica.
- III- A esfera maciça e a casca esférica sofrem uma expansão térmica de mesma quantidade.



Justifique sua resposta

➤ **Questão 2 (Q₂)**

Uma formulação do Princípio da Conservação da Energia pode ser descrito matematicamente pela equação de continuidade para energia:



Esta equação pode ser aplicada em diversas situações em que a mudança de uma grandeza em um sistema (aberto) ocorre somente por transferência através de sua fronteira (pois a grandeza é conservada).

Classifique em Verdadeira ou Falsa as alternativas abaixo levando em consideração a EQUAÇÃO DA CONTINUIDADE DA ENERGIA nos referentes: formas e transferência de energia nas situações citadas a seguir.

⇒ **Como a Energia é uma grandeza escalar e em um sistema ela pode ser acrescida ou subtraída, há sempre dois sinais possíveis para cada parcela, na convenção abaixo adotamos todas as parcelas positivas.**

I- Em um teste de desempenho um automóvel (sistema) move-se com certa velocidade, quando bate contra um anteparo e para.

$$\Delta E_{\text{Sistema}} = \sum H \Rightarrow \Delta E_{\text{interna}} = Q + H_{\text{TE}} + H_{\text{RE}}$$

II- Liga-se a rede elétrica uma torradeira de resistência interna R (sistema).

$$\Delta E_{\text{Sistema}} = \sum H \Rightarrow \Delta E_{\text{interna}} = W + H_{\text{TE}} + H_{\text{RE}}$$

III- A temperatura de uma batata (sistema) no interior de um forno de micro-ondas aumenta devido à absorção de micro-ondas.

$$\Delta E_{\text{Sistema}} = \sum H \Rightarrow \Delta E_{\text{interna}} = H_{\text{RE}}$$

IV- Um carpinteiro tenta utilizar uma furadeira com uma broca rombuda para fazer um buraco em um pedaço de madeira. A broca (sistema) não consegue penetrar na madeira, mas se torna muito quente.

$$\Delta E_{\text{Sistema}} = \sum H \Rightarrow \Delta E_{\text{interna}} = H_{\text{TM}} + H_{\text{TE}} + W$$

Q - Calor	H_{TM} - Transferência de Matéria
W - Trabalho	H_{RE} - Radiação Eletromagnética
H_{OM} - Ondas Mecânicas	H_{TE} - Transmissão Elétrica
<u>Legenda</u>	



Justifique sua resposta

➤ **Questão 3 (Q₃)**

A Primeira Lei da Termodinâmica pode ser utilizada para analisar muitos problemas de Termodinâmica, nos quais as únicas formas de mecanismos de transferência de energia são o calor e o trabalho. Neste caso, a equação de continuidade pode ser escrita na forma:

$$\Delta E_{\text{Sistema}} = \sum H \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \Delta E_{\text{interna}} = Q - W \\ \text{ou} \\ dE_{\text{interna}} = dQ - dW \end{array} \right]$$

No entanto, é necessário estabelecer convenções de sinais. Optamos pela estabelecida pelo *Advanced Placement Physics Development Committee*, o qual convencionou que se o trabalho é realizado sobre o sistema, leva sinal negativo, se pelo sistema, leva sinal positivo. Se o calor é transmitido para o sistema, leva sinal positivo, se do sistema, negativo. Com base nesta identificação, preencha os espaços seguintes na tabela com -, + ou 0 para cada um dos três termos da Primeira Lei da Termodinâmica em cada uma das situações.

Situação	Sistema	Q	W	ΔE_{int}
1. Encher rapidamente um pneu de Bicicleta	Ar na bomba			
2. Panela com água na temperatura ambiente sobre um fogão quente	Água na panela			
3. Ar vazando rapidamente para fora de um balão	Ar originalmente dentro do balão			

Justifique sua resposta

➤ Questão 4 (Q₄)

Analise as sentenças a seguir sob o ponto de vista da Termodinâmica classificando-as em Verdadeira ou Falsa.

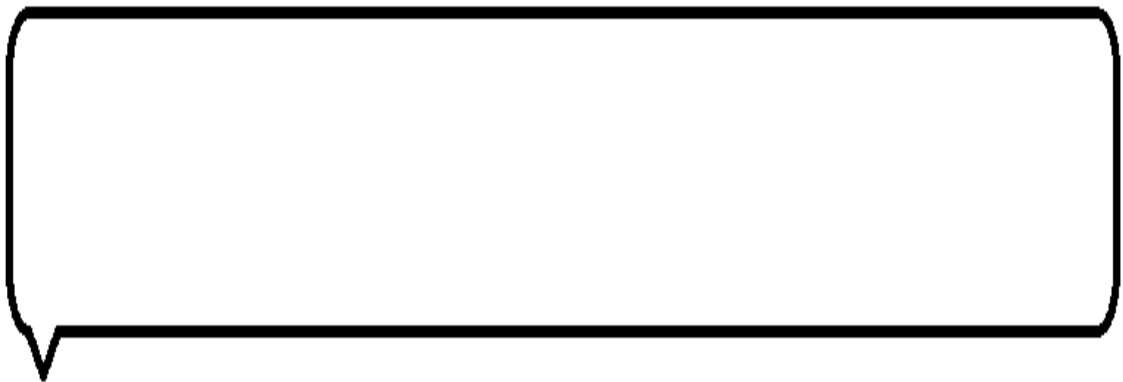
I- Em um dia de verão ouvimos no noticiário local: “Use um creme hidratante com FPS alto, pois o dia hoje terá uma quantidade de calor elevada.”.

II- Um Enfermeiro ao analisar dois produtos (álcool e água) que se encontram em

uma mesma prateleira opta por embeber um algodão em cada uma das substâncias e passar respectivamente sobre seus braços (direito e esquerdo) e afirma: “O álcool é o de menor temperatura que passei no braço direito.”.

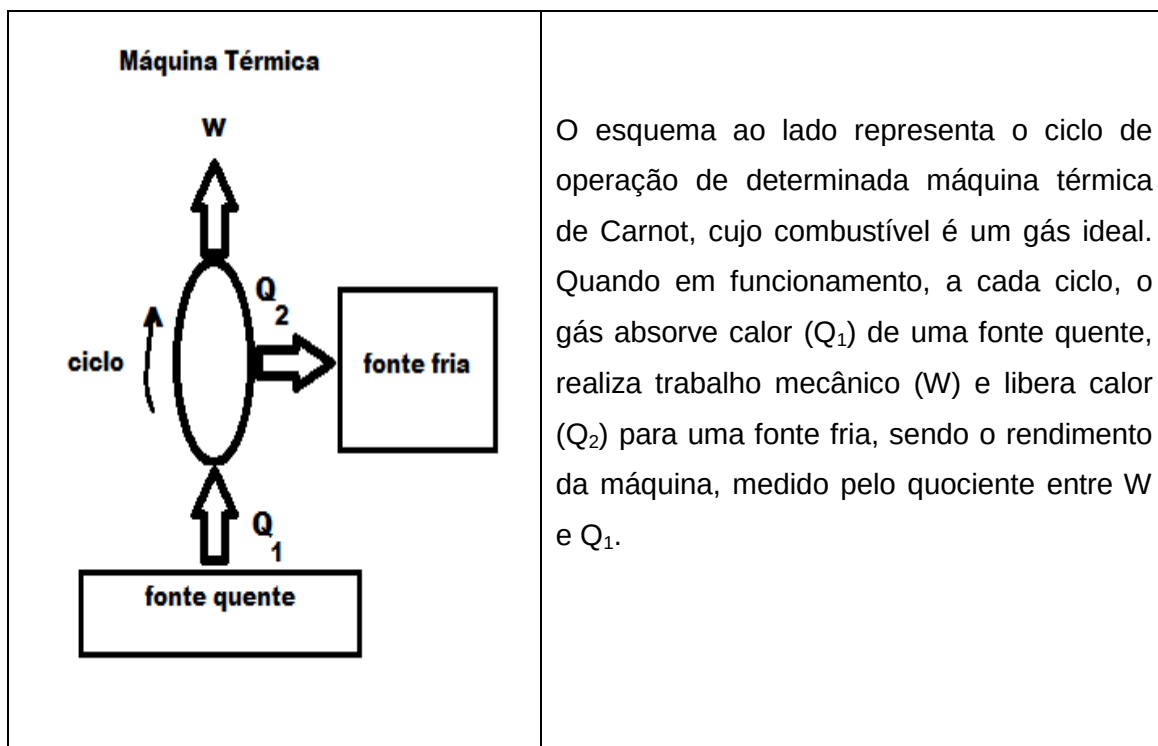
III- Na abordagem macroscópica da Termodinâmica descrevemos um estado de um sistema com grandezas, tais como: pressão, volume, temperatura, calor e energia interna. Essas grandezas pertencem a uma categoria chamada de variáveis de estado.

IV- Durante um processo adiabático, nenhuma energia entra ou sai do sistema por meio do calor; isto é, $Q = 0$. A partir desse resultado podemos afirmar que a energia interna do sistema permanece constante, isto é, $\Delta E_{\text{int}} = 0$, pois não houve variação de temperatura, isto é, $\Delta T = 0$.



Justifique sua resposta

➤ **Questão 5 (Q₅)**



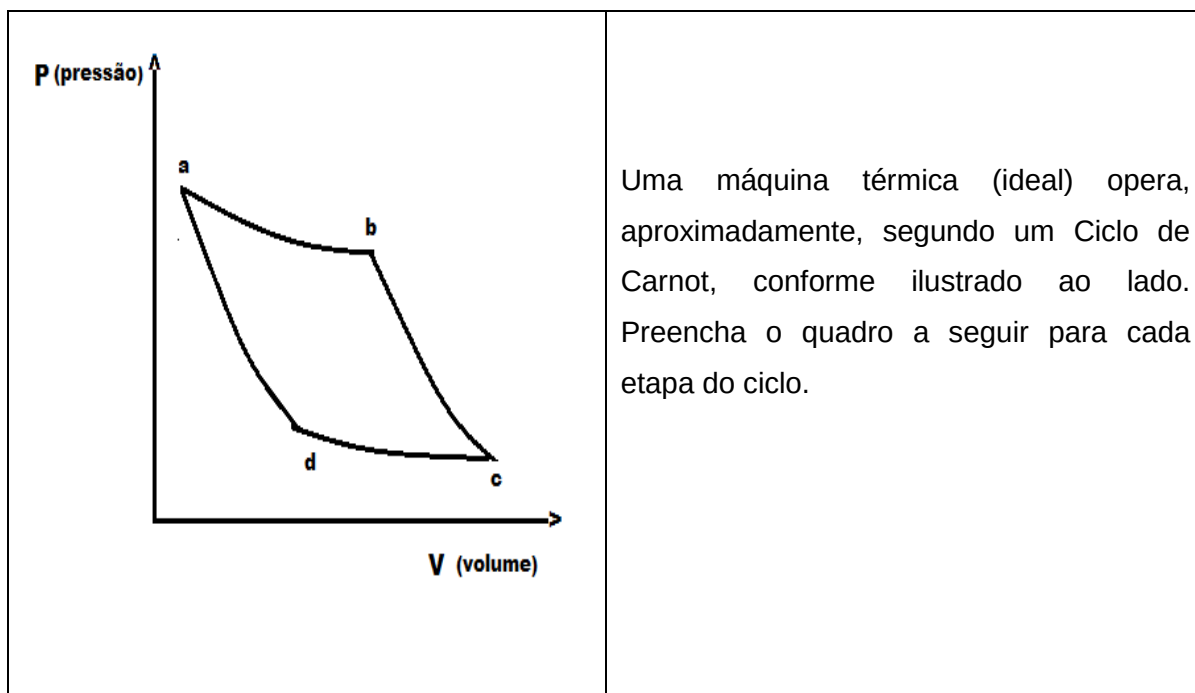
Uma dessas máquinas hipotéticas, a cada ciclo, realiza um trabalho de $3,0 \cdot 10^4 \text{ J}$ com rendimento de 60%. Em relação a essa máquina, conclui-se que os valores de Q_1 , de Q_2 e da variação da energia interna do gás são, respectivamente:

- a) $1,8 \cdot 10^4 \text{ J}$; $5,0 \cdot 10^4 \text{ J}$; $3,2 \cdot 10^4 \text{ J}$
- b) $3,0 \cdot 10^4 \text{ J}$; zero; zero
- c) $3,0 \cdot 10^4 \text{ J}$; zero; $3,0 \cdot 10^4 \text{ J}$
- d) $5,0 \cdot 10^4 \text{ J}$; $2,0 \cdot 10^4 \text{ J}$; zero
- e) $1,8 \cdot 10^4 \text{ J}$; $5,0 \cdot 10^4 \text{ J}$; zero



Efetue seus cálculos !!!

Questão 6 (Q₆)

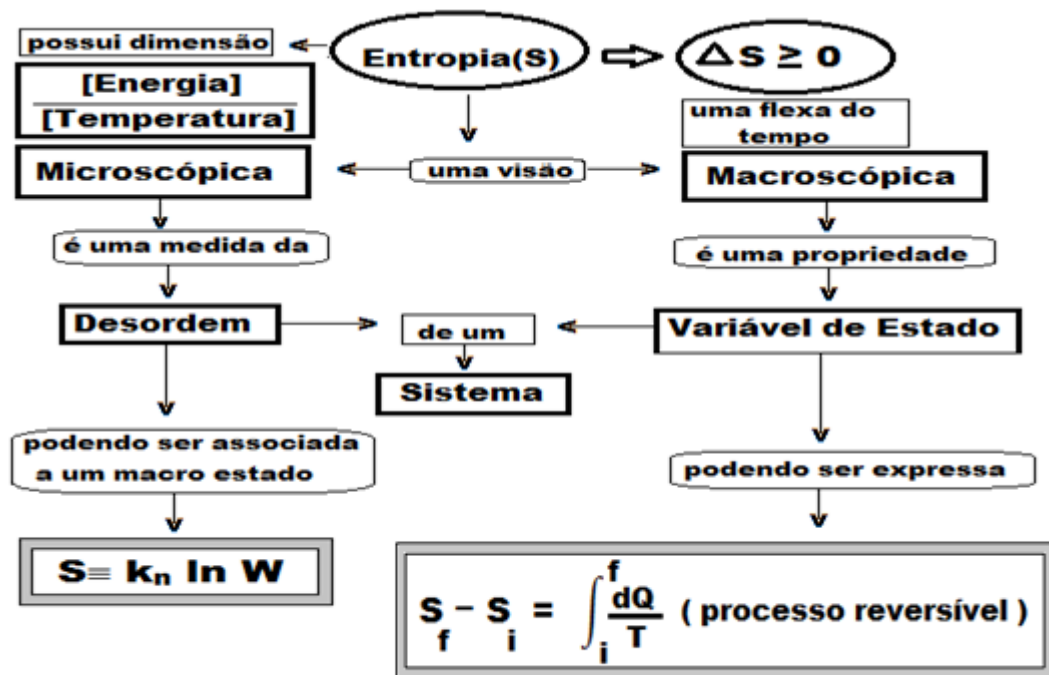


Etapa do Ciclo	Processo (isotérmico, isovolumétrico ou adiabático)	Calor transferido pela máquina (nulo, recebido ou cedido)
a-b		
b-c		
c-d		
d-a		

Justifique sua resposta

➤ **Questão 7 (Q7)**

O Mapa Conceitual disponibilizado a seguir é um referencial embora provisório, entre a Termodinâmica e o conceito de Entropia e sua formulação matemática.



Mapa Conceitual: Entropia - Gil - 2012

Classifique as alternativas abaixo em Verdadeira ou falsa:

- I- A Segunda Lei da Termodinâmica pode ser formulada em termos de Entropia, isto é, em qualquer processo termodinâmico que vai de um estado de equilíbrio para outro, a entropia do conjunto sistema + ambiente aumenta ou permanece constante.
- II- A Entropia S , assim como a Energia interna E_{int} e a Temperatura T são propriedades (variáveis de estado) de um sistema físico em equilíbrio, às quais podemos associar um número e uma unidade.
- III- No Sistema Internacional de Unidades, podemos considerar como a unidade da variação de entropia, o J/K (Joule/Kelvin).
- IV- Um dos pontos de vista principal da Mecânica Estatística é o de que sistemas isolados tendem a desordem e a entropia é uma medida dessa desordem.
- V- A entropia do universo aumenta em todos os processos naturais.

Justifique sua resposta

O quadro e a matriz a seguir contêm exemplos de cada uma das dimensões Cognitiva e Conhecimento, inclusas no modelo de pré-teste e pós-teste (um mesmo instrumento).

- a) Matriz bidimensional da Taxonomia de Bloom Revisada para o Pré-teste e Pós-teste

Dimensão do Processo	Lembrar	Compreender (Entender)	Aplicar	Analisar	Sintetizar (Avaliar)	Criar
i-Cognitivo						
j-Conhecimento	1	2	3	4	5	6
Factual 1		Q ₃				
Conceitual 2				Q ₄		
Procedimental 3	Q ₆		Q ₅			
Metacognitivo 4		Q ₁			Q ₂	Q ₇

Matriz A _i	i Dimensão processo cognitivo (coluna)
	j- Dimensão do conhecimento (linha)

Matriz bidimensional da Taxonômia de Bloom para questões do Teste A Gil-2012

APÊNDICE F – Gráfico do número de acertos e erros dos participantes dos grupos de controle e tratamento nas situações de Pré-teste e Pós-teste.

Pré-teste e Pós-teste Controle					Pré-teste e Pós-teste Tratamento				
Aluno	Acerto	Erro	Acerto	Erro	Aluno	Acerto	Erro	Acerto	Erro
1	3	4	5	2	1	4	3	6	1
2	5	2	5	2	2	2	5	4	3
3	5	2	6	1	3	2	5	4	3
4	2	5	3	4	4	2	5	4	3
5	2	5	6	1	5	3	4	7	0
6	4	3	5	2	6	2	5	5	2
7	1	6	3	4	7	1	6	5	2
8	3	4	5	2	8	2	5	5	2
9	5	2	7	0	9	1	6	7	0
10	4	3	5	2	10	4	3	6	1
11	3	4	4	3	11	2	5	4	3
12	2	5	4	3	12	5	2	6	1
13	2	5	4	3	13	1	6	4	3
14	2	5	4	3	14	5	2	7	0
15	2	5	3	4	15	1	6	5	2
16	1	6	4	3	16	3	4	5	2
17	5	2	6	1	17	2	5	7	0
18	1	6	2	5	18	4	3	5	2
19	3	4	4	3	19	4	3	6	1
20	3	4	5	2	20	4	3	6	1
21	2	5	3	4	21	2	5	5	2
					22	1	6	4	3

APÊNDICE G– Quadro ilustrativo da predominância dos estilos de aprendizagem identificados no grupo focal, quando submetidos ao Pós-teste.

[illegible]

APÊNDICE H – Quadros percentuais do grau de satisfação dos aprendizes integrantes do grupo experimental nos referentes: quanto à apresentação e comunicação, quanto ao conteúdo e quanto às atividades de investigação e compreensão das interfaces do OA's, trabalhadas ao longo tratamento.

Classificação	Categorias	Ótimo	Bom	Regular	Ruim
Quanto à apresentação e comunicação	Modelo explicativo	65%	35%	0%	0%
	Interface	60%	40%	0%	0%
	Acessibilidade	60%	30%	10%	0%
	Linguagem midiática	40%	50%	0%	10%
	Reprodução virtual do fenômeno	75%	20%	5%	0%
	Facilidade de navegação	50%	30%	15%	5%
	Qualidade pedagógica	65%	20%	15%	0%

Classificação	Categorias	Ótimo	Bom	Regular	Ruim
Quanto ao Conteúdo	Apresentação	65%	30%	5%	0%
	Seleção	50%	35%	5%	10%
	Interdisciplinaridade	60%	40%	0%	0%
	Adequação à capacidade cognitiva do aprendiz	40%	60%	0%	0%
	Ideia-âncora	60%	25%	15%	0%
	Argumentação	55%	35%	5%	5%
	Contextualização	75%	25%	0%	0%
	Qualidade dos textos	85%	15%	0%	0%
	Qualidade das animações	90%	10%	0%	0%
	Mapa conceitual	70%	30%	0%	0%
	Contexto histórico	65%	30%	5%	0%
	Tabelas e gráficos	70%	25%	5%	0%

Classificação	Categorias	Ótimo	Bom	Regular	Ruim
	Criatividade	70%	15%	10%	5%
	Estratégia de enfrentamento	30%	70%	0%	0%
	Solução de problemas	30%	70%	0%	0%

Quanto às atividades Investigação e Compreensão	Interação teoria e prática	55%	40%	0%	0%
	Construção individualizada do conhecimento	40%	45%	10%	5%
	Discussão	80%	15%	0%	5%
	Relação ciência e tecnologia	90%	10%	0%	0%
	Motivação	70%	30%	0%	0%
	Gradação de dificuldades	35%	65%	0%	0%
	Processo avaliativo	30%	55%	0%	15%
	Cronograma de ação	85%	15%	0%	0%
	Modelo interativo	65%	35%	0%	0%

APÊNDICE I – Aspectos cognitivos (na visão de Bloom) a serem evidenciados nas questões do Pré-teste e pós-teste.

Questões	Processo Cognitivo	Objetivos a Serem Alcançados Objetivo Geral: Mapear os subsunçores (pré-teste) e a posse do conhecimento (pós-teste) no eixo temático Termodinâmica. Objetivos Específicos:
Q₁ a₂₄	Compreender	‣ Interpretar corretamente os processos de Expansão Térmica (linear, superficial, volumétrica). ‣ Comparar a Expansão Térmica sofrida por determinado objeto em diversos contextos.
Q₂ a₅₄	Avaliar	‣ Fazer comentários sobre a validade da Equação de Continuidade da Energia. ‣ Com base nos mecanismos de transferência de energia através da fronteira do sistema julgar diversas etapas deste processo em diferentes situações. ‣ Revisar as diversas formas de transmissão de Energia.
Q₃ a₂₁	Compreender	‣ Dar significado equivalente entre a 1ª lei da Termodinâmica e a Equação de Continuidade da Energia. ‣ Citar a 1ª Lei da Termodinâmica em termos da Conservação da Energia.
Q₄ a₄₂	Analisar	‣ Diferenciar Processos de Propriedades de Estado de um Sistema termodinâmico. ‣ Diferenciar Calor e Temperatura. ‣ Analisar sob o ponto de vista científico da Termodinâmica, situações/informações descritas à luz do senso comum no cotidiano.
		‣ Implementar o uso da 2ª Lei da

Q₅ a₃₃	Aplicar	Termodinâmica para o Cálculo da Eficiência, do Trabalho realizado, das Trocas de Calor, da Variação da Energia Interna, em uma situação idealizada no Ciclo de Carnot. ▸ Fazer a revisão dos princípios que versão a 2ª Lei da Termodinâmica e aplicá-las ao cotidiano, classificando-as em possíveis ou não.
Q₆ a₁₃	Lembrar	▸ Relembrar a partir da Equação Geral dos Gases Perfeitos para caracterizar cada um dos Processos Termodinâmicos (Isotérmico, Isovolumétrico, Isobárico e Adiabático). ▸ Descrever a transferência de calor e a realização de Trabalho (de ou para) um sistema ao longo dos diversos Processos Termodinâmicos.
Q₇ a₆₄	Criar	▸ Reunir informações/conceitos do eixo temático Entropia em um Mapa Conceitual que possa ser considerado uma estrutura discursiva deste fenômeno. ▸ Propor um modelo matemático que ilustre a Entropia como princípio de que sistemas isolados tendem à desordem, onde a Entropia é uma medida dessa desordem. ▸ Estabelecer a flecha do tempo (processos reversíveis e irreversíveis) a partir do conceito da Variação da Entropia.

ANEXOS

ANEXO A – Objeto de Aprendizagem Desenhando com elétrons.

DIRECIONANDO À INFORMAÇÃO VERBAL

AJUDA

Primeira Vez

Telas

Botões

DIV

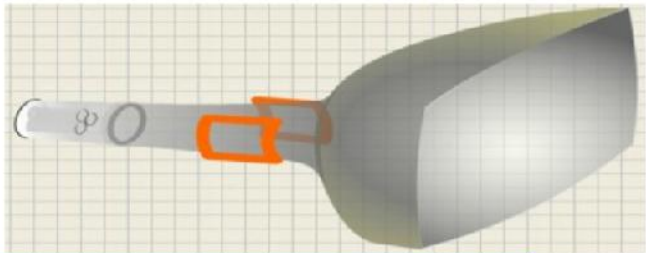
Vinheta

Mapa

Variáveis

Deflexão de feixe de elétrons

A força magnética que atua sobre uma carga elétrica em movimento é proporcional ao produto de um campo magnético pela velocidade dessa carga. Para contextualização utilizamos um modelo experimental simples (tubo de raios catódicos), no qual determinadas hipóteses e condições fenomenológicas foram gradativamente impostas ao longo do evento.





Desenhando com elétrons

 Mapa Conceitual

Apresenta-se o mapa conceitual com a hierarquia de conceitos e explicações sobre o tema em discussão.



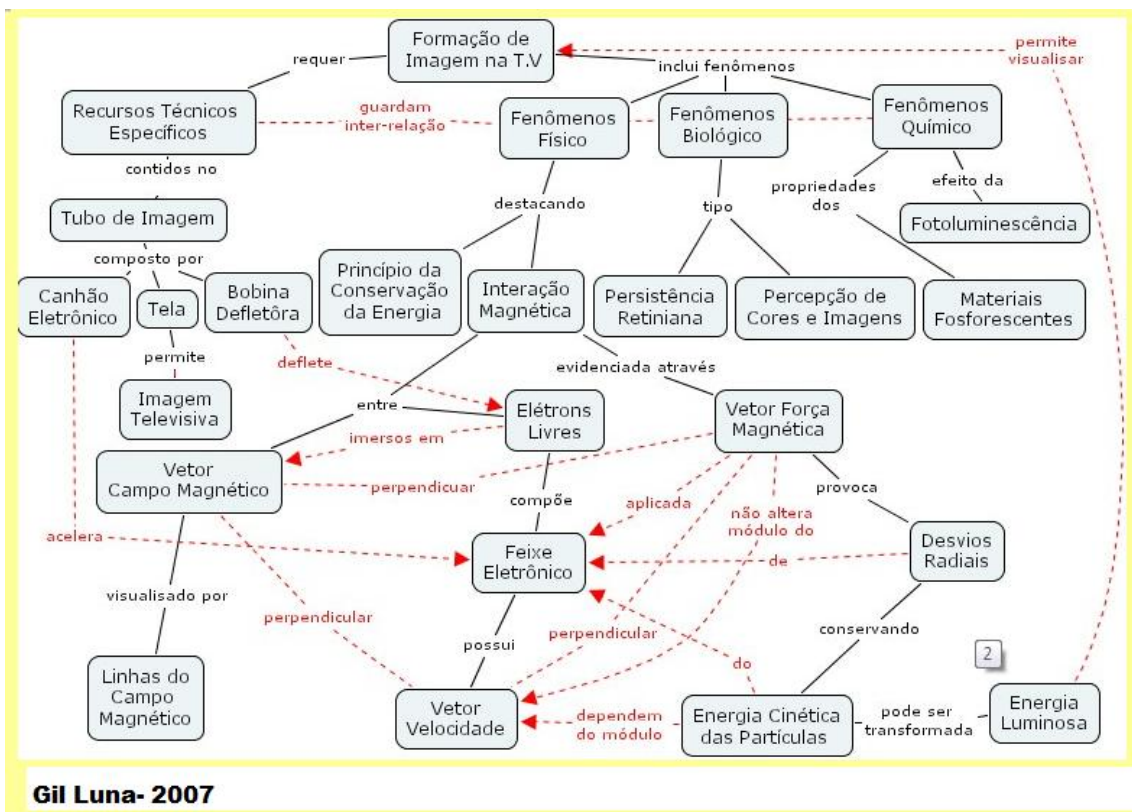
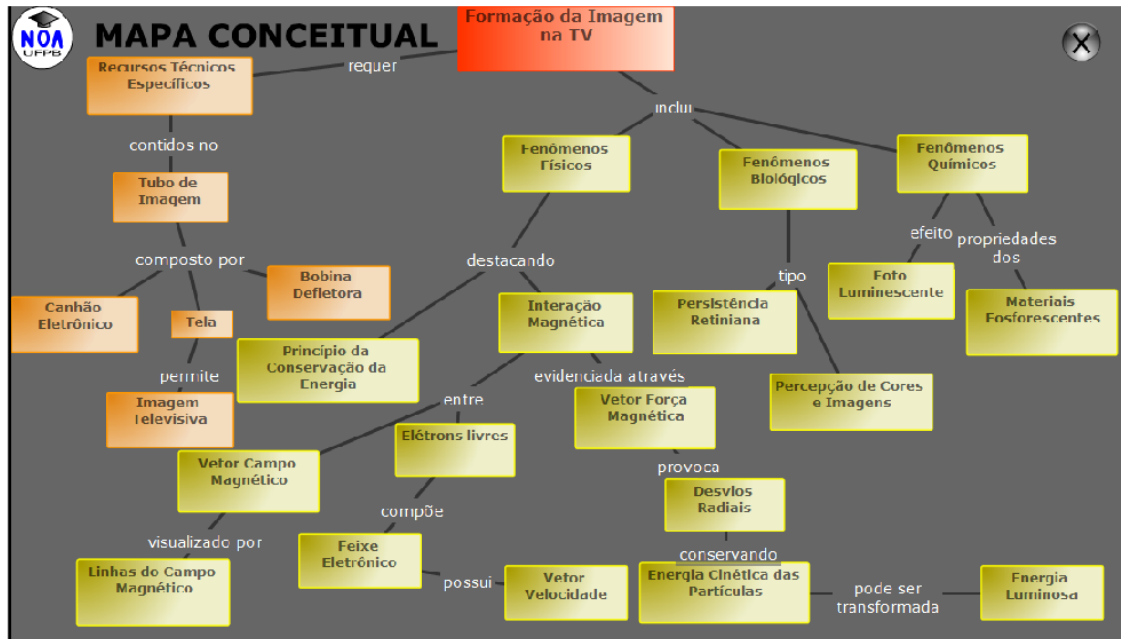
Clique no botão abaixo para acessar o mapa conceitual reduzido com explicação dos conceitos

Mapa



Clique no botão abaixo para acessar ao mapa conceitual com maior número de conceitos

Mapa





Contexto Histórico

Mostra-se as bases históricas, e evolução das idéias e experimentos que levaram a descoberta da física envolvidas nos fenômenos eletromagnéticos.

Adentrando no mundo fantástico dos elétrons associando-os a unidade fundamental da carga elétrica.



Clique no botão abaixo para acessar o arquivo sobre o contexto histórico na sua forma integral.

Visualizar



Contexto Histórico
Objeto de Aprendizagem: A Televisão
NOA UFPB

Você chega a casa vindo do trabalho ou da escola vai para sala ou até mesmo na cozinha e liga a televisão. Esse já se tornou um hábito comum para muitas pessoas. Mas, você já parou para pensar como funciona essa telinha “mágica” que já faz parte do cotidiano de muita gente? Como a imagem é “desenhada” na tela da TV?

Para entendermos um pouco mais sobre o funcionamento da televisão precisamos saber quem é o “artista” principal dessa novela. Senhoras e senhores com vocês o Tubo de Raios Catódicos.

O Tubo de Raios Catódicos é um equipamento que possibilitou o estudo de descargas elétricas entre dois eletrodos de carga opostas (positivo e negativo). Ele é composto por um tubo de vidro do qual foi retirado o ar (vácuo) e dois eletrodos o catodo (negativo) e o anodo (positivo). Conforme mostra a figura abaixo:



Tubo de Raios Catódicos: O conector azul é o catodo e o vermelho o anodo.
Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Crookes_tube_two_views.jpg



Aplicação

Apresenta-se de forma clara e sucinta, os conceitos da Mecânica Newtoniana e do Eletromagnetismo Clássico envolvidos no aplicativo tecnológico: Tubo de Imagem na TV.

O conteúdo exposto enfatiza a idéia do campo eletromagnético a influenciar a trajetória de partículas



Clique no botão abaixo para acessar o arquivo sobre aplicação na sua forma integral.

Visualizar



Aplicações
Objeto de aprendizagem: A Televisão
NOA – UFPB

Formação de Imagem no Tubo de TV

O ponto central deste texto é o processo de formação de imagem na televisão. Olhar, ver, de um modo geral ou especificamente entendê-lo, pode significar a aquisição de uma série muito ampla de conceitos básicos científicos da Física, Química e Biologia, combinados com recursos técnicos específicos. De certa forma, a intenção é acompanhar o ziguezague dos elétrons imersos em um campo magnético no interior de um tubo de imagem, até se chocarem com a tela frontal do mesmo. E a partir da transformação da energia cinética que transportam em energia luminosa, em uma combinação final de elementos de superfície de áreas da tela que emitem brilhos distintos, chegarmos às configurações que permitem as simulações das imagens televisivas.



Do ponto de vista tecnológico nos limitaremos a uma breve abordagem sobre os dispositivos apropriados que compõem o tubo de imagem e podem ser vistos na figura ao lado.

Inicialmente, um feixe de elétrons é emitido pelo cânone eletrônico, rumo a tela bidimensional disposta diametralmente oposta ao mesmo, percorrendo uma região delimitada por paredes de vidro onde foi feito o vácuo.

Relativo aos conceitos da Física, os elétrons constituídos do feixe são lançados a altas velocidades (variáveis), tendo sido acelerados previamente entre as placas de um capacitor plano integrante do cânone eletrônico. Se na região adiante não existe nenhuma força (despreza-se a gravitacional) capaz de desviar o feixe eletrônico, este se desloca



Questões e Desafios

São algumas questões propostas para avaliar os seus conhecimentos sobre a deflexão de elétrons submetidos a ação de campos magnéticos.

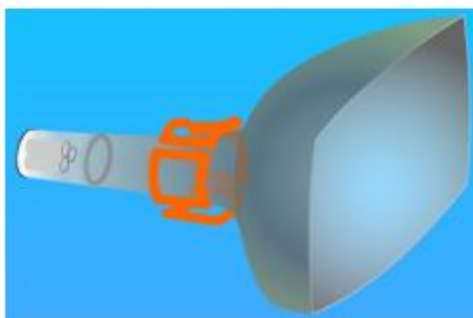
Clique no botão abaixo para acessar o arquivo com as questões e desafios.

Visualizar



Questões e Desafios
Objeto de aprendizagem: A Televisão
NOA – UFPB

Avaliação: Eletromagnetismo e Tubo de Imagem da TV



Uma aplicação interessante da Mecânica Newtoniana da Eletricidade e do Eletromagnetismo clássico pode ser encontrada no dispositivo eletrônico, Tubo de Imagem da Televisão.

Embora os procedimentos tecnológicos possuam igual relevância, a nossa ênfase volta-se para a compreensão e utilização dos conceitos da Física; E para a identificação e manipulação de parâmetros relevantes, a partir de uma descrição dinâmica deste aparato tecnológico em funcionamento.

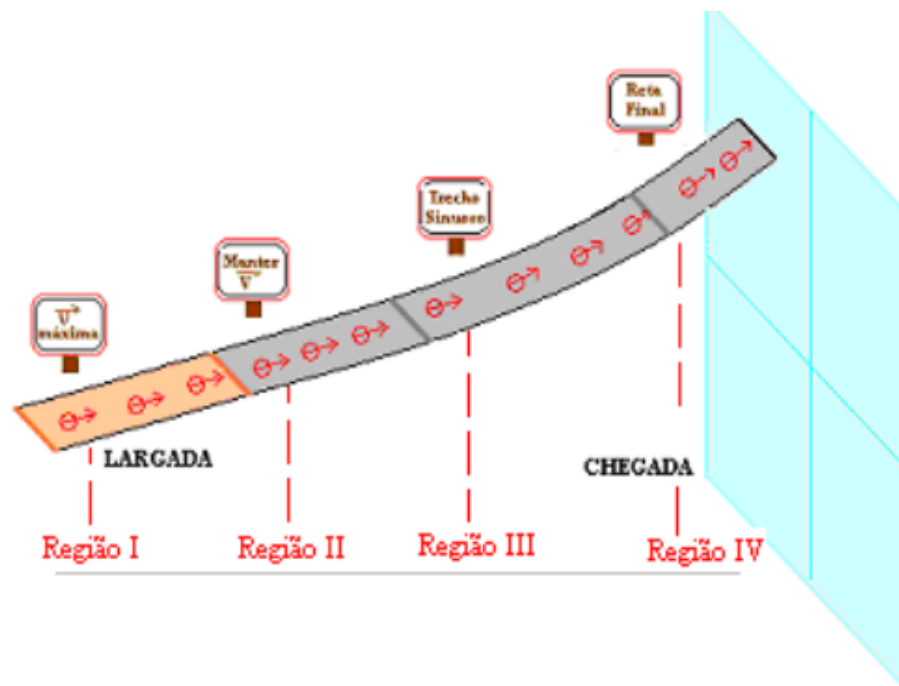
Leia o texto que se segue com atenção !!!

Por dentro do tubo de imagem da TV

Foi dada a largada!!! Mas nesta competição trocamos nossas máquinas por elétrons integrantes de feixes eletrônicos. E o nosso autódromo, pelo interior de um tubo de imagem da televisão.

Hipoteticamente, considere as quatro regiões sequenciais que mostram a trajetória de um elétron pertencente a um feixe eletrônico previamente acelerado no canhão eletrônico e lançado no interior do tubo de imagem, até atingir um ponto da tela frontal da TV.

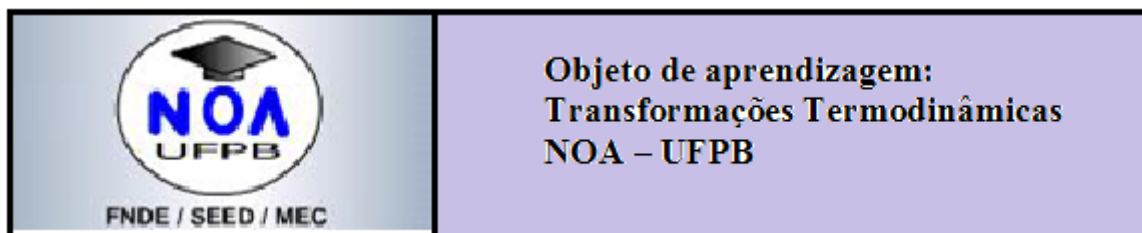
A



A arrancada foi dada no interior de um canhão eletrônico, onde um capacitor acelera linearmente elétrons previamente libertados de um filamento aquecido pela passagem da corrente elétrica. Neste evento não existe medo de ser multado por excesso de velocidade (região I), pois o objetivo é atingir altas velocidades. Não fique para trás, se algo não lhe é familiar é permitido recorrer a outras fontes de informações (consulte caso necessário as diversas sessões do OA). Alivie o pé do acelerador e atravesse junto com os elétrons com velocidade constante e em linha reta a região II, no interior do tubo de imagem. Vá em frente, mas cuidado com os desvios radiais, pois o trecho seguinte é permeado por campos

Fonte: NOA/UFPB – Rived, MEC, SEED.

ANEXO B – Objeto de Aprendizagem – Transformações Termodinâmicas



TRANSFORMAÇÕES TERMODINÂMICAS

Apresentação

Bem vindos!!!

Você está acessando o guia do professor, que contém as instruções que possibilitam tirar melhor proveito do objeto de aprendizagem (OA) “Transformações Termodinâmicas” – instrumento construído por especialistas.

Nele você encontrará informações específicas sobre uma metodologia centrada no uso do OA para o processo de construção dos conhecimentos científicos que versam sobre as Transformações Termodinâmicas sofridas pelas grandezas termodinâmicas pressão, volume e temperatura.

A auto-explicação é uma de nossas metas a ser atingida durante a aprendizagem. Esta condição é um grande desafio para todos nós (especialista, professor e aprendiz); portanto destacamos uma série de aspectos neste guia, que possibilitam uma trilha favorável ao sucesso nesta investida.

Contamos com o seu apoio e facultamos o uso integral ou parcial deste instrumento em suas atividades pedagógicas.

I - Introdução	V - Na sala do computador
II - Objetivos	VI - Atividades complementares
III - Subsúncios	VII - Avaliação
IV - Tempo previsto para a atividade	VIII - Sugestões de leituras

I – Introdução

A intenção deste objeto de aprendizagem é facilitar a construção dos conceitos da Física por aprendizes do ensino médio nas duas modalidades, em um

curso presencial ou à distância. A metodologia desenvolvida tem como linha prioritária o construtivismo e como fundamentação para o processo de construção do conhecimento científico a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Esse objeto foi elaborado na perspectiva de se apresentar como um material educacional potencialmentesignificativo, que pretende facilitar a aprendizagem significativa (ou aprendizagem de significados) de seus usuários a ponto de ser considerado um verdadeiro andaime cognitivo. Uma de suas potencialidades é a de ser utilizado tanto como uma etapa prévia da construção de conceitosmais gerais, na medida em que instiga os alunos a formarem seus conceitos sobre o tema considerado. Assim como na construção de conceitos mais específicos em atividades mediadas pelo professor, o que proporciona ao aprendiz um clima mais atento e receptivo ao assunto que ele irá explorar e aprofundar.

Outra de suas potencialidades é um processo avaliativo congruente com a metodologia desenvolvida. O que possibilita a obtenção de dados mais realistas sobre a construção do conhecimento.

Enfim, trata-se de uma ferramenta de valia a favor da construção de significados. Elaborada sem perder de vista que de maneira geral as pessoas adquirem ao longo da vida a sua maneira peculiar de lidar com um conteúdo novo a ser aprendido, e cada ser humano tem o seu estilo pessoal de aprender.

II - Objetivos

Geral:

Levar o aprendiz a construir os conceitos científicos da Física, mediante as atividades de exploração do OA - “Transformações Termodinâmicas” em um processo mediado pelo professor-tutor.

Específicos:

- Construir significados claros sobre processos quase estáticos.
- Construir significados claros sobre os diversos tipos possíveis de transformações termodinâmicas: reversíveis e irreversíveis.
- Identificar as características específicas de algumas transformações termodinâmicas especiais, tais como: isobárica, isovolumétrica, isotérmica e adiabática.

- Identificar as relações entre variação de funções de estado (p , V , T , e S) em transformações termodinâmicas, com o trabalho e calor envolvido nesses processos. Em outras palavras, identificar as relações existentes entre as variáveis da Primeira Lei da Termodinâmica.

III – Ideias-âncora (subsunções)

- Gases ideais
- Conceito de calor
- Conservação da energia
- Cálculo do trabalho nas transformações gasosas
- Sistema termodinâmico

IV - Tempo previsto para a atividade

Processos quase estáticos Presencial ou à Distância - 1 hora

Transformações Termodinâmicas Presencial ou à Distância - 2 horas

O intervalo de tempo mínimo para execução de determinada atividade deve ser mensurado levando-se em consideração o ritmo individual ou do grupo que a executa, e as necessidades para o sucesso da mesma.

A construção do conhecimento é um processo idiossincrático, portanto, está associado ao ritmo próprio de cada aprendiz. Se o aprendiz encontrar dificuldades na construção de um conceito, em face das informações que lhes são disponibilizadas considere um intervalo de tempo extra para que possa acessar mais vezes um mesmo instrumento. Ou para descobrir outras pistas nos diversos recursos que compõe o OA. Talvez ele entenda melhor sob outro ponto de vista.

Considere ainda a possibilidade que este tempo pode ser minimizado em eventos presenciais com a mediação do professor, evitando desperdícios.

V - Na sala do computador

Requerimentos técnicos:

O OA foi desenvolvido através da plataforma Macromedia Flash Professional 8.0 e requer que o usuário disponha de um plug-in Adobe Flash Player 8.0. Este plug-in pode ser encontrado e rapidamente instalado em sua máquina a partir do site www.adobe.com. O OA foi desenvolvido para solicitar o menor recurso

computacional possível, o que permite aos computadores de menor desempenho executar perfeitamente este aplicativo educacional.

Preparação:

O uso do OA na sala de informática segue a linha da integração virtual e tem como suporte fundamental, o uso do computador como plataforma de informação em tempo real. O ideal seria alocar no máximo dois aprendizes por máquina. Caso contrário deve-se disponibilizar a turma em frente ao computador nos limites de resolução da tela do monitor associado ao conforto visual dos aprendizes. Em caso de público maior sugerimos o uso do data-show acoplado ao computador.

Durante a atividade:

Este objeto foi construído vislumbrando o máximo possível à auto explicação (ROY; CHI, 2005. pp. 271-286 apud Mayer 2001, p.89) de forma a possibilitar ao aprendiz a autonomia necessária à construção do conhecimento com algumas variantes no processo, sem equivalência entre elas:

Interação: aprendiz (turma) → OA → conceitos da Física;

Interação: aprendiz (turma) → OA → conceitos da Física em processo mediado pelo professor;

Interação: grupo de estudos (aprendizes e/ou professor) com participantes distribuídos, mas interligados em rede → OA → conceitos da Física.

Seria interessante, em atividades mediadas sistematizar algumas lógicas:

- Conceber e administrar situações-problema ajustadas ao nível e possibilidades cognitivas do aprendiz.
- Negociar um processo avaliativo congruente com o OA.
- Observar e avaliar os alunos em aprendizagem de acordo com uma abordagem formativa.
- Administrar a heterogeneidade cognitiva no âmbito da turma.
- Proporcionar um ambiente favorável ao desenvolvimento da autonomia do aprendiz que permita articular suas visões.
- Articular a solução de problemas com a construção dos conceitos da Física.

Consideramos que a maneira de como conduzir o processo de ensino-aprendizagem influencia tanto quanto o conteúdo.

VI - Atividades complementares

Para saber mais

Será disponibilizado no OA além da janela de animação, um mapa conceitual construído por especialistas levando-se em consideração a hierarquia dos conceitos que versam o tema “Transformações Termodinâmicas”. E como forma de bibliografia complementar, disponibilizamos dois textos sobre o tema cuja abordagem permite a elucidação de alguns aspectos que talvez possam está oculto nos outros instrumentos do OA.

Questões para discussão

Sugerimos que após as atividades de aprendizagem se envolva o aprendiz em situações de resolução de problemas que necessitem um grau maior de abstração sobre a temática. Como sugestão, disponibilizamos algumas questões (desafio) que podem ser trabalhadas. Por outro lado, esta sessão visa obter indicadores que nos permitam apreciar os aspectos autoexplicativos presentes no OA. Destacamos que ao longo da apresentação da animação, algumas informações relevantes (vinheta) que favorecem a construção de significados foram consideradas.

VII - Avaliação

O objeto de aprendizagem privilegia em seu processo avaliativo o exercício da cognição, a aprendizagem significativa e a habilidade do aprendiz na solução de problemas.

Ressaltamos o caráter singular da sua construção, em congruência com os objetivos do OA.

No que se refere ao critério adequado à construção de significados, optamos pela Taxonomia de Bloom Revisada, por ser auto consistente com a validade do instrumento.

A avaliação é de caráter formativo, flexível e dinâmica. Embora enfatize a posse dos conceitos, a sua relevância prima pela construção do conhecimento. Podendo ser considerada mais que um diagnóstico, isto é, mais uma ferramenta colaborativa no processo de ensino-aprendizagem.

VIII - Sugestões de leitura

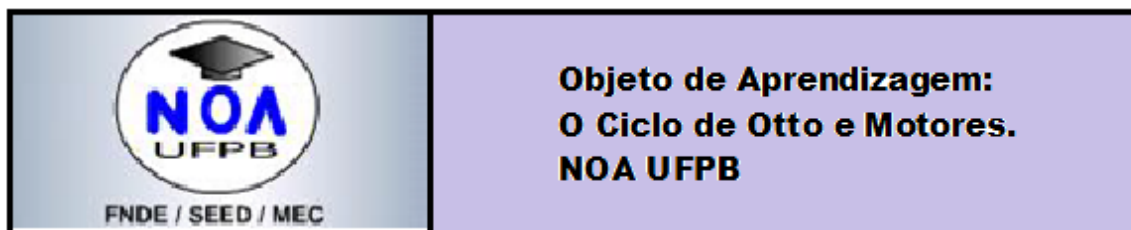
- Alvarenga, B.; Máximo, A. Física de olho no mundo do Trabalho. Scipione. São Paulo- SP, 2003.
- Ferracini, Gerson. Aprendendo Física, Biografias, v. 2. Scipione. São Paulo- SP, 1996.
- Feynman, Richard. P.; Física em seis lições; Ediouro. Rio de Janeiro-RJ, 1999.

- Gaspar, Alberto. Física. v. 2. Ediora Ática. São Paulo- SP, 2000.
- GREF- Grupo de Reelaboração do ensino de Física, Física, v. 2. EDUSP, São Paulo – SP, 2000.
- Nussenzveig, H. Moysés. Curso de Física. v. 2. Edgard Blücher. São Paulo-SP, 1981.
- Resnick, Robert; Halliday, David. Fundamentos da Física. v. 2. Livros Técnicos e Científicos. Ed. Ltda. Rio de janeiro- RJ, 1996.
- Pavlov, P. V.; Jojlov, A. F.; Física del estado sólido. Editorial MIR. Moscú, URSS, 1987.
- Young, Hugh D.; Freedman, Roger A., Sears ; Zemansky. Física II. Addison Wesley- São Paulo SP, 2004.

Fonte: NOA/UFPB – Rived, MEC, SEED.

ANEXO C – Objeto de Aprendizagem – Primeira lei da Termodinâmica.

Apresentamos o Ciclo de Otto, utilizado em carburadores de automóveis, como pano de fundo para a exibição da Primeira Lei da Termodinâmica.



PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

Apresentação

Bem vindos!!!

Você está acessando o guia do professor, que contém as instruções que possibilitam tirar melhor proveito do objeto de aprendizagem (OA) “Máquina de Combustão Interna - Ciclo Otto” - instrumento construído por especialistas.

Nele você encontrará informações específicas sobre uma metodologia centrada no uso do OA para o processo de construção dos conhecimentos científicos que versam o tema Máquina de Combustão Interna. A auto explicação é uma de nossas metas a ser atingida durante a aprendizagem. Esta condição é um grande desafio para todos (especialista, professor e aprendiz); portanto destacamos uma série de aspectos neste guia, que possibilitam uma trilha favorável ao sucesso nesta investida.

Contamos com o seu apoio e facultamos o uso integral ou parcial deste instrumento em suas atividades pedagógicas.

I - Introdução	V - Na sala do computador
II - Objetivos	VI - Atividades complementares
III - Subsunções	VII - Avaliação
IV - Tempo previsto para a atividade	VIII - Sugestões de leituras

I – Introdução

A intenção deste objeto de aprendizagem é facilitar a construção dos conceitos da Física por aprendizes do ensino médio nas duas modalidades, em

um curso presencial ou à distância. A metodologia desenvolvida tem como linha prioritária o construtivismo e como fundamentação para o processo de construção do conhecimento científico a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Esse objeto foi elaborado na perspectiva de se apresentar como um material educacional potencialmente significativo, que pretende facilitar a aprendizagem significativa (ou aprendizagem de significados) de seus usuários a ponto de ser considerado um verdadeiro andaime cognitivo.

Uma de suas potencialidades é a de ser utilizado tanto como uma etapa prévia da construção de conceitos mais gerais, na medida que instiga os alunos a formarem seus conceitos sobre o tema considerado. Assim como na construção de conceitos mais específicos em atividades mediadas pelo professor, o que proporciona ao aprendiz um clima mais atento e receptivo ao assunto que ele irá explorar e aprofundar.

Outra de suas potencialidades é um processo avaliativo congruente com a metodologia desenvolvida. O que possibilita a obtenção de dados mais realistas sobre a construção do conhecimento. Enfim trata-se de uma ferramenta de valia a favor da construção de significados. Elaborada sem perder de vista que de maneira geral as pessoas adquirem ao longo da vida a sua maneira peculiar de lidar com um conteúdo novo a ser aprendido, e cada ser humano tem o seu estilo pessoal de aprender.

II - Objetivos

Objetivo geral:

Compreender os fundamentos físico e químico do processo de combustão e usar os princípios termodinâmicos e da mecânica, para estabelecer relações entre calor, energia e realização de trabalho nos Motores de Combustão Interna como forma de fundamentar teoricamente sua implementação no cotidiano.

Objetivos específicos:

- Caracterizar o motor de combustão interna a gasolina nos referentes termodinâmicos e mecânicos.
- Estabelecer a 1a Lei da Termodinâmica como formulação específica do Princípio da Conservação da Energia que estabelece o elo entre a Calorimetria e a Mecânica.
- Identificar cada uma das transformações gasosas por que passam a substancia de trabalho usada no Ciclo Otto, através das variáveis do estado do sistema.

- Estabelecer o ciclo idealizado de Otto como um modelo teórico que impõe o limite máximo, a eficiência dos motores de combustão interna real que utilizam como substância de trabalho uma mistura de ar e gasolina.
- Identificar o trabalho e a condução do calor como processos de transferência de energia para (ou de) um sistema termodinâmico.
- Apresentar de forma lógica ou intuitiva que a energia pode ser transformada de forma para outra, tendo como exemplo, o processo de combustão interna.
- Evidenciar a importância dos ciclos termodinâmicos continuamente no tempo, em várias aplicações da engenharia destacando a geração de potência e a propulsão de veículos.
- Ressaltar a importância dos subsistemas mecânicos (biela, virabrequim e transmissão) dos automóveis como um aparato trabalhando em sincronia com o sistema termodinâmico (câmara de combustão) dos motores de explosão interna que possibilitam a conversão do movimento oscilatório do pistão no interior do cilindro em movimento de rotação do virabrequim sequencialmente transferido as rodas.
- Identificar um processo quase estático (condição de reversibilidade) como um modelo idealizado, composto de uma sucessão de estados de equilíbrio. Cada um com um desvio infinitesimal da condição de equilíbrio anterior, servindo como base para a comparação dos processos reais.

III – Ideias-âncora (subsunçores)

- ☐ Sistema Termodinâmico
- ☐ Gás Ideal
- ☐ Princípio da Conservação da Energia
- ☐ Primeira Lei da Termodinâmica
- ☐ Segunda Lei da Termodinâmica

IV - Tempo previsto para a atividade

Tempo Ideal

Tema Motores de Combustão Interna atividade Presencial ou à Distância

1 hora

Ciclo Otto Idem 2 horas

O intervalo de tempo mínimo para execução de determinada atividade deve ser mensurado levando-se em consideração o ritmo individual ou do grupo que a executa, e as necessidades para o sucesso da mesma.

A construção do conhecimento é um processo idiossincrático, portanto, está associado ao ritmo próprio de cada aprendiz. Se o aprendiz encontrar dificuldades na construção de um conceito, mesmo face às informações que lhes são disponibilizadas considere um intervalo de tempo extra para que possa acessar mais vezes um mesmo instrumento. Ou para descobrir outras pistas nos diversos recursos que compõe o OA. Talvez ele entenda melhor sob outro ponto de vista.

Considere ainda a possibilidade que este tempo pode ser minimizado em eventos presenciais com a mediação do professor, evitando desperdícios.

V - Na sala do computador

Requerimentos técnicos:

O OA foi desenvolvido através da plataforma Macromedia Flash Professional 8.0 e requer que o usuário disponha de um plug-in Adobe Flash Player 8.0. Este plug-in pode ser encontrado e rapidamente instalado em sua máquina a partir do site www.adobe.com. O OA foi desenvolvido para solicitar o menor recurso computacional possível, o que permite aos computadores de menor desempenho executar perfeitamente este aplicativo educacional.

Preparação:

O uso do OA na sala de informática segue a linha da integração virtual e tem como suporte fundamental, o uso do computador como plataforma de informação em tempo real.

O ideal seria alocar no máximo dois aprendizes por máquina. Caso contrário deve-se disponibilizar a turma em frente ao computador nos limites de resolução da tela do monitor associado ao conforto visual dos aprendizes. Em caso de público maior sugerimos o uso do data-show acoplado ao computador.

Durante a atividade:

Este objeto foi construído vislumbrando o máximo possível à autoexplicação de forma a possibilitar ao aprendiz a autonomia necessária à construção do conhecimento com algumas variantes no processo, sem equivalência entre elas.

- a) Interação: aprendiz (turma) → OA → conceitos da Física
- b) Interação: aprendiz (turma) → OA → conceitos da Física em processo mediado pelo professor.
- c) Interação: grupo de estudos (aprendizes e/ou professor) com participantes distribuídos, mas interligados em rede → OA → conceitos da Física.

Seria interessante, em atividades mediadas sistematizar algumas lógicas:

- Conceber e administrar situações-problema ajustadas ao nível e possibilidades cognitivas do aprendiz.
- Negociar um processo avaliativo congruente com o OA.
- Observar e avaliar os alunos em aprendizagem de acordo com uma abordagem formativa.
- Administrar a heterogeneidade cognitiva no âmbito da turma.
- Proporcionar um ambiente favorável ao desenvolvimento da autonomia do aprendiz que permita articular suas visões.
- Articular a solução de problemas com a construção dos conceitos da Física.

Consideramos que a maneira de como conduzir o processo de ensinoaprendizagem influencia tanto quanto o conteúdo; fato que nos custou um intervalo de tempo extra para integrá-la na construção do OA.

VI -Atividades complementares

Para saber mais

Será disponibilizado no OA, um mapa conceitual construído por especialistas levando-se em consideração a hierarquia dos conceitos que versam o tema “Máquinas de Combustão Interna e Ciclo Otto”. E como forma de bibliografia complementar, disponibilizamos um texto sobre Primeira Lei da Termodinâmica.

Uma outra novidade é a seção “Help” - uma descrição pormenorizada do aparato experimental.

Chamamos a atenção para o uso do modelo que permite organizar o que foi observado e ainda gerar possibilidades do aprendiz prever novas observações.

Destacamos ainda, que um conceito físico deve ser considerado como algo cujo significado depende do contexto onde está sendo empregado, isto é, o mesmo conceito pode ser aplicado em situações distintas.

Outro fator a ser considerado é que esta metodologia contempla tanto informações verbais, isto é, conceitos científicos (através de mapa conceitual, texto, informe), assim como os aspectos visuais fenomenológicos, contextos (através da animação) de forma a possibilitar ao aprendiz a integração de várias informações.

Questões para discussão

Sugerimos que após as atividades de aprendizagem se envolva o aprendiz em situações de resolução de problemas que necessitem um grau maior de abstração sobre a temática. Como sugestão, disponibilizamos algumas questões

(desafio) que podem ser trabalhadas. Por outro lado, esta sessão visa obter indicadores que nos permitam apreciar os aspectos autoexplicativos presentes no OA. Destacamos que ao longo da apresentação da animação, algumas informações complementares (Vinheta) que favorecem a construção de significados foram consideradas.

VII - Avaliação

O objeto de aprendizagem privilegia em seu processo avaliativo o exercício da cognição, a aprendizagem significativa e a habilidade do aprendiz na solução de problemas.

Ressaltamos o caráter singular da sua construção, em congruência com os objetivos do OA.

No que se refere ao critério adequado à construção de significados, optamos pela Taxonomia de Bloom Revisada, por ser autoconsistente com a validade do instrumento.

A avaliação é de caráter formativo, flexível e dinâmica. Embora enfatize a posse dos conceitos, a sua relevância prima pela construção do conhecimento. Podendo ser considerada mais que um diagnóstico, isto é, mais uma ferramenta colaborativa no processo de ensino-aprendizagem.

VIII - Sugestões de leitura

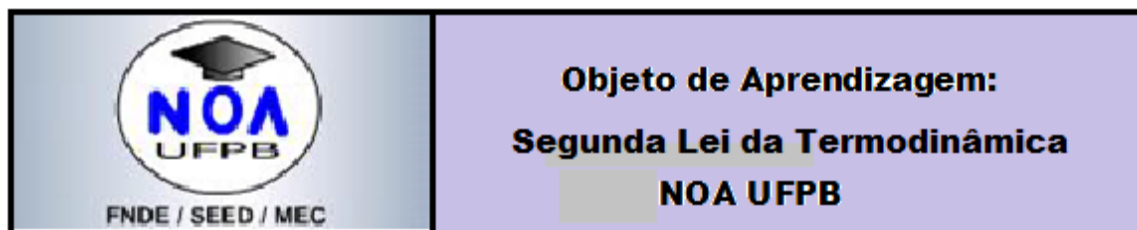
- Alvarenga, B.; Máximo, A. Física de olho no mundo do Trabalho. Scipione. São Paulo- SP, 2003.
- Ferracini, Gerson. aprendendo Física, Biografias, v. 2. Scipione. São Paulo- SP, 1996.
- Gaspar, Alberto. Física. v. 1. Ediora Ática. São Paulo- SP, 2000.
- GREF- Grupo de Reelaboração do ensino de Física, Física, v. 1. EDUSP, São Paulo – SP, 2000.
- Nussenzveig, H. Moysés. Curso de Física. v. 1. Edgard Blücher. São Paulo-SP, 1981.
- Resnick, Robert; Halliday, David. Fundamentos da Física. v. 1. Livros Técnicos e Científicos. Ed. Ltda. Rio de Janeiro- RJ, 1996.
- Young, Hugh D.; Freedman, Roger A., Sears ; Zemansky. Física I. Addison Wesley- São Paulo SP, 2004.

- Mark, W. Zemansky. Calor e Termodinâmica. Ed. Guanabara Dois – Rio de Janeiro- RJ, 1978.
- Marshaal Brain. Como funcionam os motores à diesel. Traduzido por HowStuffWorks. Brasil.
- Lang. S. Fernando. Máquinas Térmicas a combustão interna de Otto.
- Artonnov, M. D. Ilaronov, V. A., Morin, M. N. Motor vehicles. Moscou: MIR. 1976

Fonte: NOA/UFPB – Rived, MEC, SEED.

ANEXO D – Objeto de Aprendizagem – Segunda Lei da Termodinâmica.

Utilizamos o Ciclo de Carnot, com transformações em um sistema termodinâmico, como pano de fundo para a exibição da Segunda Lei da Termodinâmica.



SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

Apresentação

Bem vindos!!!

Você está acessando o guia do professor, que contém as instruções que possibilitam tirar melhor proveito do objeto de aprendizagem (OA) “Segunda Lei da Termodinâmica: Ciclo de Carnot” - instrumento construído por especialistas.

Nele você encontrará informações específicas sobre uma metodologia centrada no uso do OA para o processo de construção dos conhecimentos científicos que versam a segunda Lei da Termodinâmica e o Ciclo de Carnot. A auto explicação é uma de nossas metas a ser atingida durante a aprendizagem. Esta condição é um grande desafio para todos nós (especialista, professor e aprendiz); portanto destacamos uma série de aspectos neste guia, que possibilitam uma trilha favorável ao sucesso nesta investida.

Contamos com o seu apoio e facultamos o uso integral ou parcial deste instrumento em suas atividades pedagógicas.

I - Introdução	V - Na sala do computador
II - Objetivos	VI - Atividades complementares
III - Subsúnciores	VII - Avaliação
IV - Tempo previsto para a atividade	VIII - Sugestões de leituras

I – Introdução

A intenção deste objeto de aprendizagem é facilitar a construção dos conceitos da Física por aprendizes do ensino médio nas duas modalidades, em um curso presencial ou à distância. A metodologia desenvolvida tem como linha prioritária o construtivismo e como fundamentação para o processo de construção do conhecimento científico a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Esse objeto foi elaborado na perspectiva de se apresentar como um material educacional potencialmente significativo, que pretende facilitar a aprendizagem significativa (ou aprendizagem de significados) de seus usuários a ponto de ser considerado um verdadeiro andaime cognitivo. Uma de suas potencialidades é a de ser utilizado tanto como uma etapa prévia da construção de conceitos mais gerais, na medida em que instiga os alunos a formarem seus conceitos sobre o tema considerado. Assim como na construção de conceitos mais específicos em atividades mediadas pelo professor, o que proporciona ao aprendiz um clima mais atento e receptivo ao assunto que ele irá explorar e aprofundar.

Outra de suas potencialidades é um processo avaliativo congruente com a metodologia desenvolvida. O que possibilita a obtenção de dados mais realistas sobre a construção do conhecimento. Enfim trata-se de uma ferramenta de valia a favor da construção

de significados. Elaborada sem perder de vista que de maneira geral as pessoas adquirem ao longo da vida a sua maneira peculiar de lidar com um conteúdo novo a ser aprendido, e cada ser humano tem o seu estilo pessoal de aprender.

II - Objetivos

Geral:

Levar o aprendiz a construir os conceitos científicos da Física, mediante as atividades de exploração do OA - 2a Lei da Termodinâmica e Ciclo de Carnot em um processo mediado pelo professor-tutor.

Específicos:

- Identificar transformações bem definidas que conduzam a sequências de possíveis estados, a serem ocupados por um sistema em um ciclo termodinâmico ideal.
- Discutir a Segunda Lei da Termodinâmica nas formulações enunciadas por Kelvin-Planck e Clausius.
- Generalizar a equivalência entre os enunciados de Kelvin-Planck e Clausius, destacando que um processo proibido por um enunciado também o é pelo outro.

- Identificar a flecha do tempo exigida nos processos que envolvem transformações de energia, com a diminuição da quantidade de energia disponível para a realização de trabalho mecânico (processos irreversíveis).
- Relacionar o Ciclo idealizado de Carnot em etapas compostas por processos termodinâmicos reversíveis, com a eficiência máxima teórica da conversão de calor em trabalho.
- Analisar o conceito de entropia nos aspectos quantitativos como uma estimativa da desordem do sistema e nos qualitativos onde impõe limites gerais sobre a flecha do tempo em determinados processos.

III – Ideias-âncora (subsunçores)

- Gases ideais
- Conceito de calor
- Conservação da energia
- Cálculo do trabalho nas transformações gasosas
- Sistema termodinâmico

IV - Tempo previsto para a atividade

Tema Atividade Tempo Ideal

Segunda Lei da Termodinâmica Presencial ou à Distância 2 horas

Ciclo de Carnot Idem 2 hora.

O intervalo de tempo mínimo para execução de determinada atividade deve ser mensurado levando-se em consideração o ritmo individual ou do grupo que a executa, e as necessidades para o sucesso da mesma.

A construção do conhecimento é um processo idiossincrático, portanto, está associado ao ritmo próprio de cada aprendiz. Se o aprendiz encontrar dificuldades na construção de um conceito, mesmo face às informações que lhes são disponibilizadas considere um intervalo de tempo extra para que possa acessar mais vezes um mesmo instrumento. Ou para descobrir outras pistas nos diversos recursos que compõe o OA. Talvez ele entenda melhor sob outro ponto de vista.

Considere ainda a possibilidade que este tempo pode ser minimizado em eventos presenciais com a mediação do professor, evitando desperdícios.

V - Na sala do computador

Requerimentos técnicos:

O OA foi desenvolvido através da plataforma Macromedia Flash Professional 8.0 e requer que o usuário disponha de um plug-in Adobe Flash Player 8.0. Este

plug-in pode ser encontrado e rapidamente instalado em sua máquina a partir do site www.adobe.com. O OA foi desenvolvido para solicitar o menor recurso computacional possível, o que permite aos computadores de menor desempenho executar perfeitamente este aplicativo educacional.

Preparação:

O uso do OA na sala de informática segue a linha da integração virtual e tem como suporte fundamental, o uso do computador como plataforma de informação em tempo real. O ideal seria alocar no máximo dois aprendizes por máquina. Caso contrário deve-se disponibilizar a turma em frente ao computador nos limites de resolução da tela do monitor associado ao conforto visual dos aprendizes. Em caso de público maior sugerimos o uso do data-show acoplado ao computador.

Durante a atividade:

Este objeto foi construído vislumbrando o máximo possível à auto-explicação de forma a possibilitar ao aprendiz a autonomia necessária à construção do conhecimento com algumas variantes no processo, sem equivalência entre elas.

Interação: aprendiz (turma) → OA → conceitos da Física

Interação: aprendiz (turma) → OA → conceitos da Física em processo mediado pelo professor.

Interação: grupo de estudos (aprendizes e/ou professor) com participantes distribuídos, mas interligados em rede → OA → conceitos da Física.

Seria interessante, em atividades mediadas sistematizar algumas lógicas:

- Conceber e administrar situações-problema ajustadas ao nível e possibilidades cognitivas do aprendiz.
- Negociar um processo avaliativo congruente com o OA.
- Observar e avaliar os alunos em aprendizagem de acordo com uma abordagem formativa.
- Administrar a heterogeneidade cognitiva no âmbito da turma.
- Proporcionar um ambiente favorável ao desenvolvimento da autonomia do aprendiz que permita articular suas visões.
- Articular a solução de problemas com a construção dos conceitos da Física.

Consideramos que a maneira de como conduzir o processo de ensino-aprendizagem influencia tanto quanto o conteúdo.

VI - Atividades complementares

Para saber mais

Será disponibilizado no OA além da janela de animação, um mapa conceitual construído por especialistas levando-se em consideração a hierarquia dos conceitos que versam o tema 2ª Lei da Termodinâmica. E como forma de bibliografia complementar, disponibilizamos um texto sobre o Ciclo de Carnot cuja abordagem permite a elucidação de alguns aspectos que talvez possam está ocultos nos outros instrumentos do OA.

Questões para discussão

Sugerimos que após as atividades de aprendizagem se envolva o aprendiz em situações de resolução de problemas que necessitem um grau maior de abstração sobre a temática.

Como sugestão, disponibilizamos algumas questões (desafio) que podem ser trabalhadas. Por outro lado, esta sessão visa obter indicadores que nos permitam apreciar os aspectos auto explicativos presentes no OA. Destacamos que ao longo da apresentação da animação, algumas informações relevantes (vinheta) que favorecem a construção de significados foram consideradas.

VII - Avaliação

O objeto de aprendizagem privilegia em seu processo avaliativo o exercício da cognição, a aprendizagem significativa e a habilidade do aprendiz na solução de problemas.

Ressaltamos o caráter singular da sua construção, em congruência com os objetivos do OA.

No que se refere ao critério adequado à construção de significados, optamos pela Taxonomia de Bloom Revisada, por ser auto consistente com a validade do instrumento.

A avaliação é de caráter formativo, flexível e dinâmica. Embora enfatize a posse dos conceitos, a sua relevância prima pela construção do conhecimento. Podendo ser considerada mais que um diagnóstico, isto é, mais uma ferramenta colaborativa no processo de ensino-aprendizagem.

VIII - Sugestões de leitura

- Alvarenga, B.; Máximo, A. Física de olho no mundo do Trabalho. Scipione. São Paulo - SP, 2003.

- Ferracini, Gerson. Aprendendo Física, Biografias, v. 2. Scipione. São Paulo - SP, 1996.

- Feynman, Richard. P.; Física em seis lições; Ediouro. Rio de Janeiro-RJ, 1999.
- Gaspar, Alberto. Física. v. 2. Ediora Ática. São Paulo - SP, 2000.
- GREF - Grupo de Reelaboração do ensino de Física, Física, v. 2. EDUSP, São Paulo – SP, 2000.
- Nussenzveig, H. Moysés. Curso de Física. v. 2. Edgard Blücher. São Paulo -SP, 1981.
- Resnick, Robert; Halliday, David. Fundamentos da Física. v. 2. Livros Técnicos e Científicos. Ed. Ltda. Rio de Janeiro - RJ, 1996.
- Pavlov, P. V.; Jojlov, A. F. ; Física del estado sólido. Editorial MIR. Moscú, URSS, 1987.
- Young, Hugh D.; Freedman, Roger A., Sears; Zemansky. Física II. Addison Wesley - São Paulo SP, 2004.

Fonte: NOA/UFPB – Rived, MEC, SEED.

ANEXO E – Detalhamento das interfaces integrantes dos Objetos de Aprendizagem utilizados na investigação e solução de problemas.



A intenção de trabalharmos com OA Transformações Termodinâmicas neste ponto do tratamento, foi de apresentar na forma de organizador prévio um referencial de trabalho que condicionasse à construção das ideias ancoras necessárias para aprendizagem significativa dos conceitos mais inclusivos da Termodinâmica. Eles tentam aguçar a curiosidade do aluno e instigar a sua intuição, de modo a facilitar a construção pessoal de significados sobre cada um dos assuntos.

Evitou-se a utilização de fórmulas e equações para a descrição dos fenômenos e construção dos modelos pertinentes. Essa escolha tem um duplo viés; por um lado mostrar que apesar da matemática ser de grande importância para expressar e elaborar conceitos de Física, pode-se expor as facetas qualitativas desses conceitos sem o uso de equações. Por outro lado, quando não se usa as equações para expor conceitos, o aluno é instigado a construir a sua percepção intuitiva do fenômeno, o seu modelo da situação. Apresentaremos a seguir de forma sucinta as diversas interfaces que compõe o OA

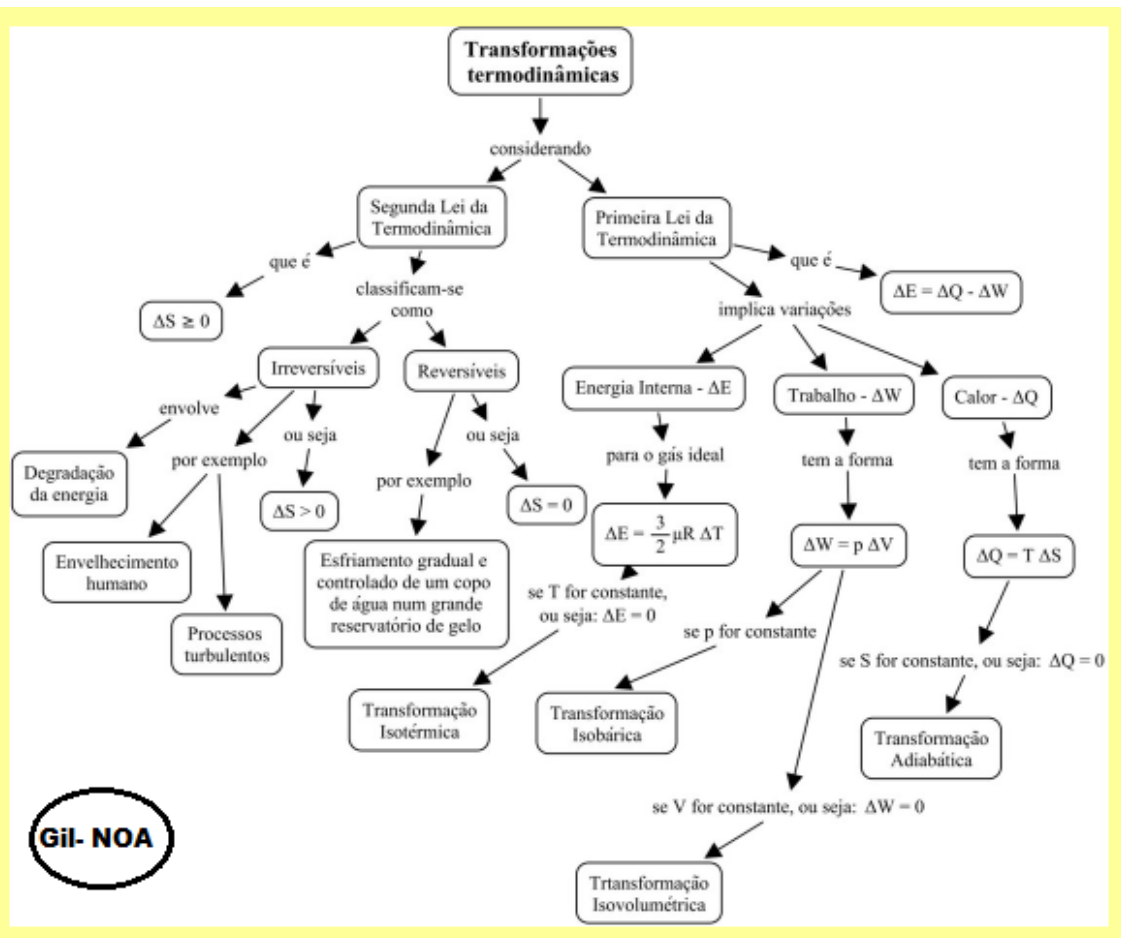
Transformações Termodinâmicas

Romero Tavares

Gil Luna Rodrigues

José N. Santos

Mariel Andrade



	Processos termodinâmicos Objeto de aprendizagem: Transformações termodinâmicas NOA - UFPB
---	---

Quando um sistema não sofre qualquer tipo de influência de sua vizinhança, dizemos que ele é um sistema isolado, e dessa maneira ele tenderá a permanecer numa mesma situação estável.

Existem diversos processos termodinâmicos simples de serem visualizados, tais como os processos que mantenham uma função de estado constante. Entendemos por função de estado às grandezas que definem um estado termodinâmico, tais como pressão, volume e temperatura.

Definimos equilíbrio termodinâmico como a situação onde não acontecem mudanças em suas funções de estado.

As possíveis mudanças podem ser de três tipos: mecânica, química e térmica.

1. Quando o meio ambiente exerce uma força sobre o sistema, essa força irá interferir no estado seu estado de equilíbrio existente, por causa de uma perturbação mecânica. Essa força poderá fazer que o sistema diminua o seu volume (como um êmbolo quando pressionado).

Além disso, pode associar um aumento de pressão do gás, caso o sistema esteja em contato com um banho térmico e perca calor. Após retornar ao isolamento, e depois de algum tempo de relaxação, o sistema alcança um novo estado de equilíbrio mecânico.

2. Quando o sistema troca matéria com o meio que o circunda, acontece uma perturbação química. Essa perturbação pode provocar uma alteração na composição química do sistema.

Após retornar ao isolamento, e depois de algum tempo, acontecerá novamente uma uniformização na composição do sistema e ele alcançará um novo estado de equilíbrio químico.

3. Quando o sistema entra em contato térmico com as vizinhanças, acontecerá uma troca de calor, e essa perturbação afastará o sistema de seu estado de equilíbrio. Após retornar ao isolamento, e depois de algum tempo de relaxação, o sistema alcança um novo estado de equilíbrio térmico.

Quando o sistema se encontra em equilíbrio em relação às três condições mencionadas, dizemos que ele está em equilíbrio termodinâmico, e nessa situação

ele pode ser descrito por suas funções de estado, que se referem ao sistema como um todo.

O que seria uma grandeza termodinâmica?

Considere um gás composto de pequenas partículas contido em um recipiente, e esse recipiente pode apresentar-se de modos diversos. Um modelo para representar essas partículas seria considerá-las como pequenas bolas rígidas. Podemos variar o volume do recipiente aumentando ou diminuindo a região disponível para as partículas do gás. Poderemos ainda envolver o recipiente com um material isolante de maneira a impedir um fluxo de calor entre o gás e o meio que circunda o recipiente. E finalmente poderemos colocar o recipiente em contato com um banho térmico, de modo a ceder ou absorver calor do gás. O banho térmico é entendido como um aparato capaz de fornecer ou ceder qualquer quantidade de calor ao gás; variando a temperatura do gás, mas mantendo sua própria temperatura constante. Um exemplo dessa situação seria colocar um copo de água a temperatura ambiente num grande balde de gelo; o grande balde de gelo irá esfriar a água praticamente sem variar a sua própria temperatura.

A temperatura T do gás é uma função de estado. Também são funções de estado e volume V do recipiente que confina o gás e a sua pressão p . Quando um sistema está em equilíbrio termodinâmico, as funções p , V e T são bem definidas, e estão inter-relacionadas e definem o estado em que o sistema se encontra. Basta que conheçamos duas e poderemos determinar a terceira grandeza. A equação que define essa relação é conhecida como equação de estado. No modelo do gás ideal, a equação de estado é dada por: $pV = \mu RT$ onde μ é o número de moles do gás e R é a constante universal dos gases.

Um processo termodinâmico é um evento caracterizado pela variação de uma ou várias funções de estado de determinado sistema.

Quando um sistema se encontra em equilíbrio termodinâmico e sofre uma pequena variação (infinitesimal) em algumas de suas funções de estado, se deixado isolado, ele encontrará naturalmente uma outra situação de equilíbrio, com novos valores de suas funções de estado. Chama-se a essa mudança infinitesimal de processo quase estático.

Um processo reversível é necessariamente uma sequência de processos quase estáticos. Para que um processo seja reversível é necessário que

conheçamos todas as micro transformações que aconteceram entre o estado inicial e o estado final.

As mudanças que sofrem algumas grandezas quando que acontece numa transformação termodinâmica estão relacionadas através da equação que define a Primeira Lei da Termodinâmica $\Delta E = Q - W$ onde:

ΔE = energia interna do gás

Q = calor absorvido pelo gás

W = trabalho executado pelo gás

Considerando os processos quase estáticos, vamos analisar:

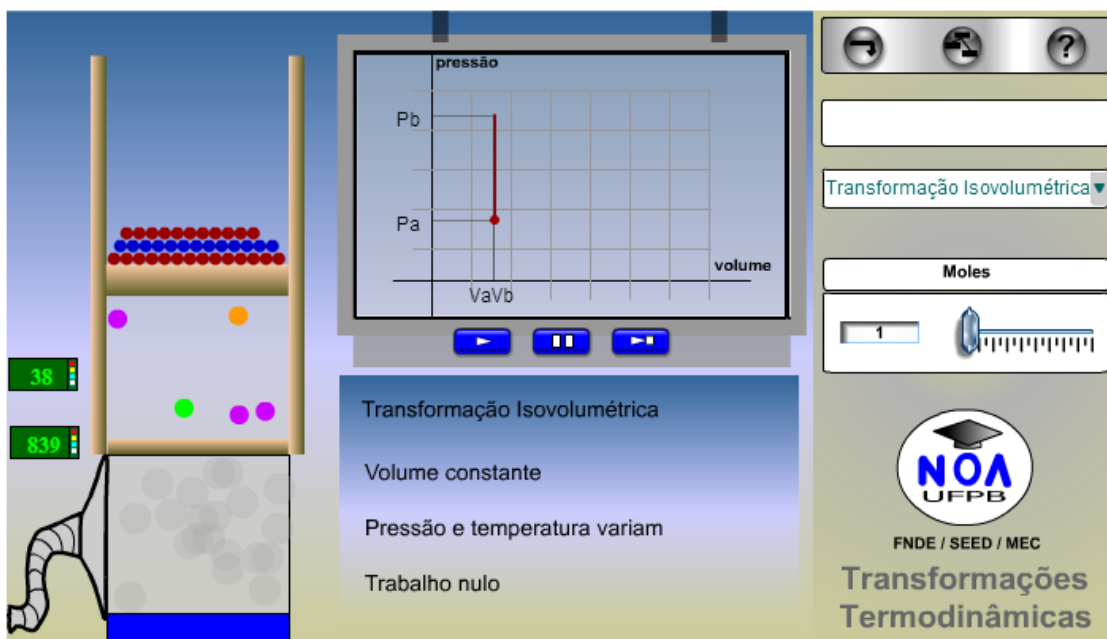
a. Processo adiabático; $Q = 0$; sem troca de calor com o ambiente.



Como não existe troca de calor entre o sistema (gás) e o ambiente, as transformações estão associadas a troca de trabalho entre o sistema e o meio. As funções de estado p , V e T podem variar, mas sem que isso signifique uma troca de energia em forma de calor.

O sistema poderá trocar com o ambiente, energia em forma de trabalho. Por exemplo; o ambiente executará trabalho sobre o sistema diminuindo o volume deste sistema, e conseqüentemente aumentando a sua pressão e a sua temperatura. Acontecerá a variação da energia interna do sistema.

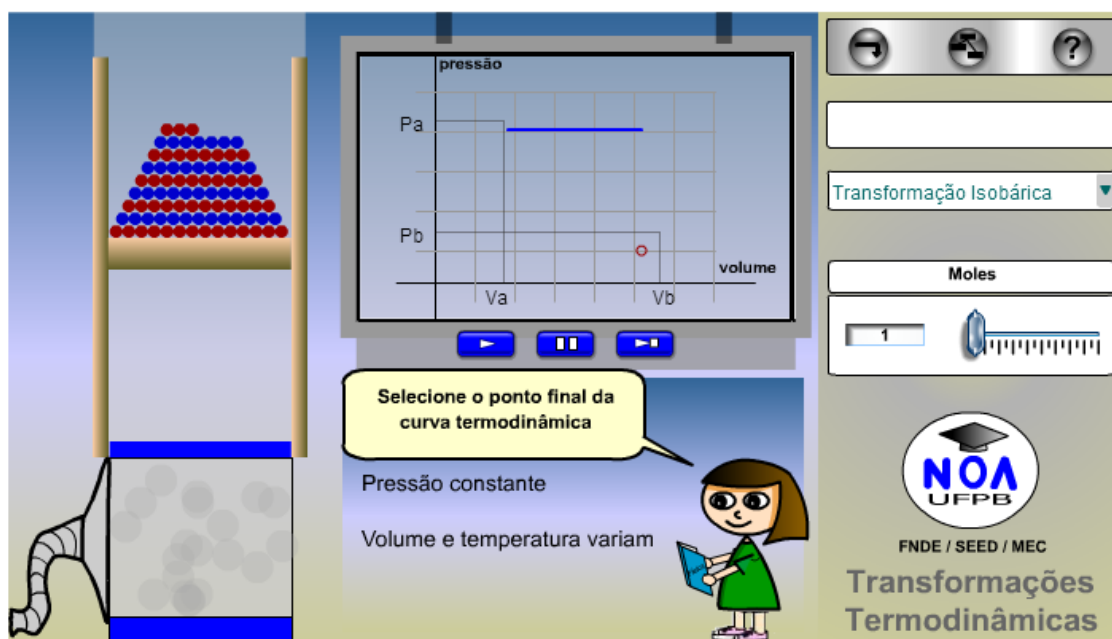
b. Processo isovolumétrico; volume constante.



Num processo isovolumétrico, não existe troca de energia na forma de trabalho entre o sistema e o ambiente. As funções de estado p e T podem variar.

Poderão acontecer trocas de energia na forma de calor, entre o sistema e o ambiente. Por exemplo, o sistema absorverá calor do ambiente, e mantendo o volume constante, acontecerá um aumento tanto da pressão quanto da temperatura. Acontecerá a variação da energia interna do sistema.

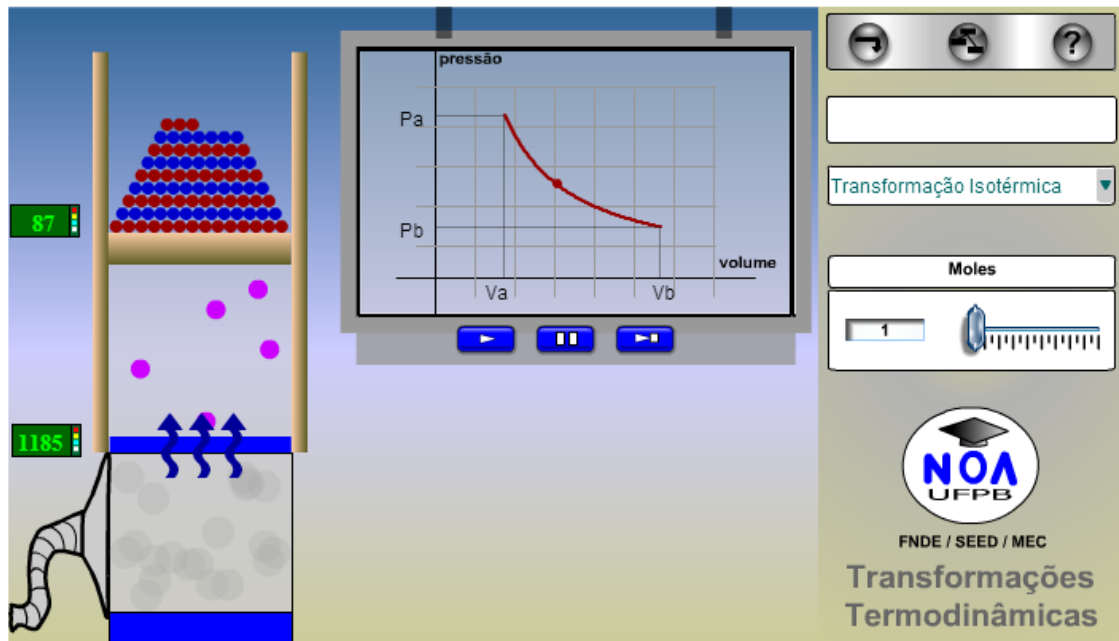
c. Processo isobárico; pressão constante.



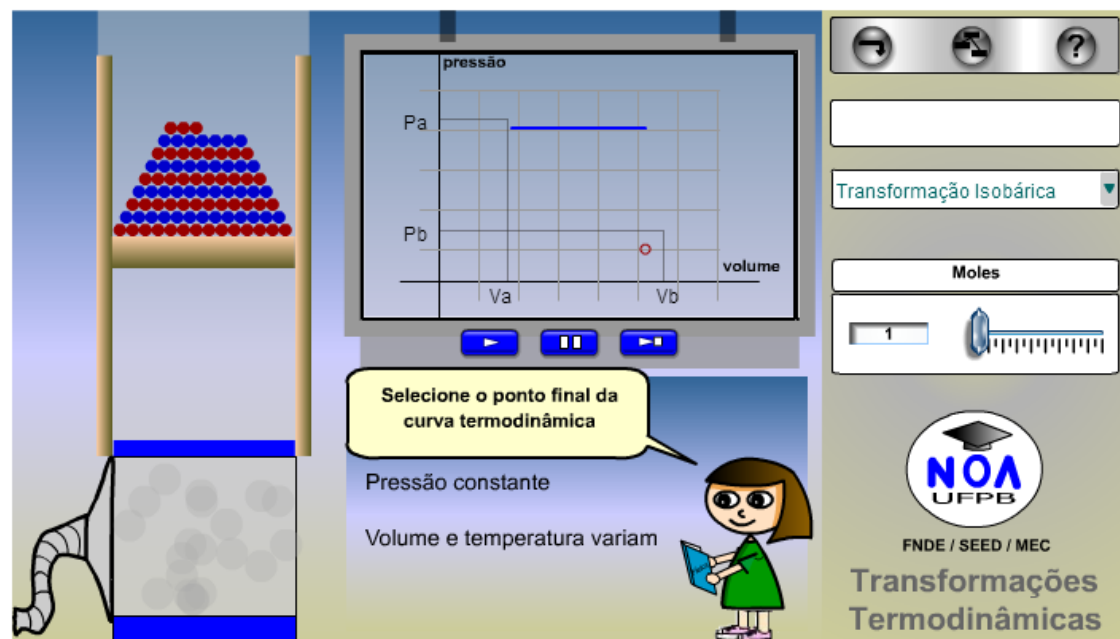
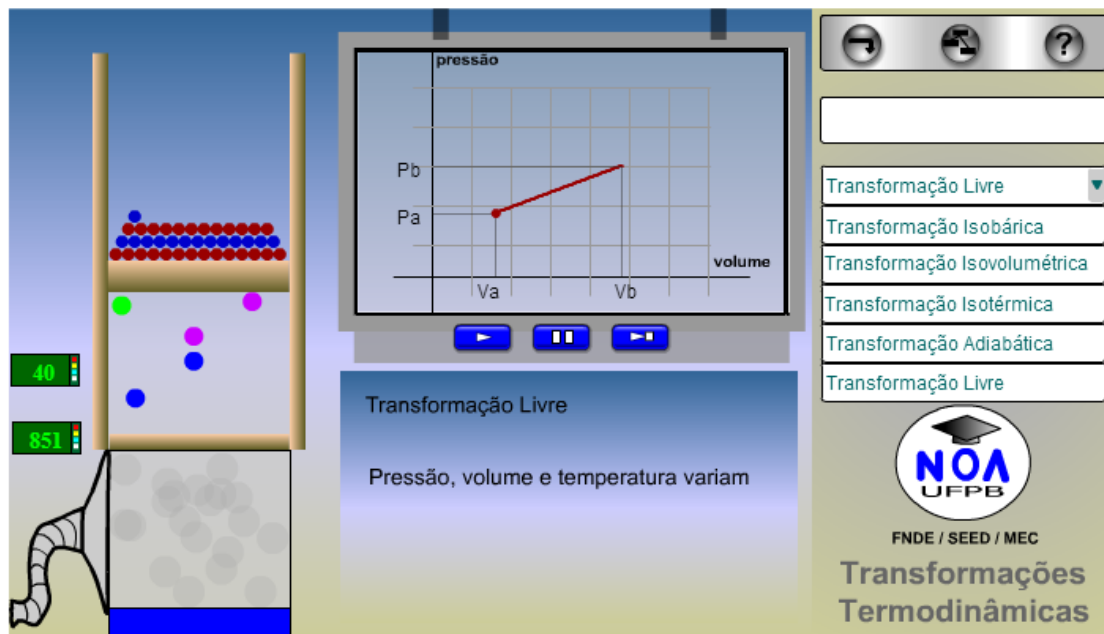
Num processo isobárico poderá acontecer troca de energia tanto em forma de calor como em forma de trabalho. As funções de estado V e T podem variar. Por

exemplo, absorve calor e recebe trabalho do ambiente, e acontece um aumento do volume, sem que aconteça variação da pressão. Acontecerá a variação da energia interna do sistema.

d. Processo isotérmico; temperatura constante.



Num processo isotérmico poderá acontecer troca de energia tanto em forma de calor como em forma de trabalho. As funções de estado p e V podem variar. Por exemplo, absorve calor e recebe trabalho do ambiente, e acontece um aumento da pressão e volume, sem que aconteça variação da temperatura. Não acontecerá a variação da energia interna do sistema.



[▶ INICIAL](#)
[▶ PROPÓSITOS](#)
[▶ OBJETOS DE APRENDIZAGEM](#)
[▶ ARTIGOS](#)
[▶ EQUIPE](#)

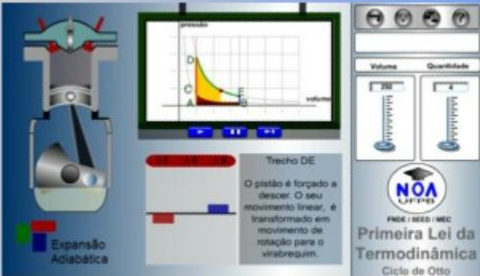
OBJETOS DE APRENDIZAGEM

DESCRIÇÃO DO OA
Primeira Lei da Termodinâmica

Apresentamos o Ciclo de Otto, utilizado em carburadores de automóveis, como pano de fundo para a exibição da primeira lei da termodinâmica.

Convênio SEED/MEC/UFPB/2007.

Primeira Lei da Termodinâmica



[HTML](#)
◀ ▶
[Visualizar](#)

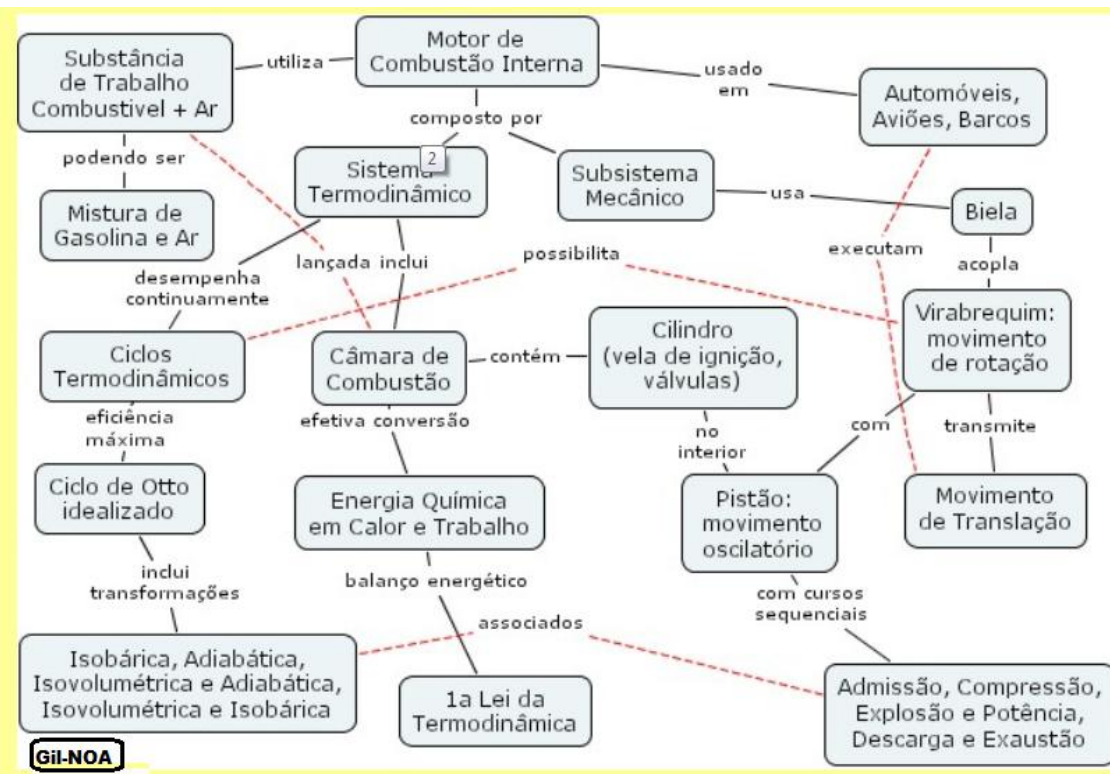


UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
 Secretaria de Educação a Distância

Ministério da Educação









O Ciclo Otto e os Motores de Combustão Interna.

Objeto de Aprendizagem: O Ciclo de Otto e a
Primeira Lei da Termodinâmica
NOA UFPB

O desenvolvimento da máquina a vapor em meados do século XVIII contribuiu para a expansão da indústria moderna. Até então, os trabalhos eram executados na dependência exclusiva da potência dos músculos dos operários, dos animais, do vento ou da água. Enquanto que uma única máquina à vapor poderia realizar o trabalho de centenas de cavalos.

Além de utilizadas em indústrias na substituição dos moinhos de vento ou rodas d'água, outras aplicações da máquina a vapor foram na locomotiva e no navio, esses meios de transporte de grande porte levavam grandes quantidades de cargas a grandes distâncias, favorecendo desenvolvimento do comércio e da indústria.

Esse tipo de máquina é chamada de motor de combustão externa, isso por que o fluido de trabalho, a água, está separado do combustível, sendo o combustível queimado

Os motores de combustão interna são assim conhecidos, pelo fato do combustível ser queimado dentro do cilindro, isso faz do combustível ser também o fluido de trabalho nesses tipos de motores.

O surgimento do motor de combustão interna é relativamente recente. Uma das mais antigas tentativas de se construir um motor desse tipo foi utilizando a pólvora, provavelmente foi observando o comportamento das armas de fogo existentes na época. Em 1857, Barsanti e Matteucci construíram um motor constituído por um êmbolo livre, este era movido para cima através de uma explosão. Devido a ação da gravidade ele caía e engatava-se numa cremalheira que transferia esse movimento para um eixo. Cremalheira é uma peça mecânica que consiste numa barra ou trilho dentado que é movido retilineamente por uma engrenagem a ele ajustada. Apesar da engenhosidade esse motor não teve muito sucesso.

Em 1860, o Francês Jean Joseph Lenoir patenteou um novo motor de combustão interna. Os motores construídos por ele tinham uma configuração parecida com os motores a vapor. Comparando-se com os motores de Barsanti, eles tinham um ciclo também muito semelhante. O trabalho útil era transferido diretamente da força de explosão, possuíam também um rendimento térmico superior aos de Barsanti além de superar em diversos aspectos os motores a vapor. Apesar de ter sido usado por algum tempo, ele consumia muito combustível e a potência era baixa.

Foi o Francês Beau de Rochas que desenvolveu teoricamente o funcionamento de um motor de quatro tempos que utilizava a compressão dos gases combustíveis no

interior de um pistão. Apesar de não ter construído esse motor, o ciclo proposto por ele foi um grande salto no desenvolvimento dos motores.

A construção de um motor de quatro tempos ficou a cargo do alemão Nicholas A. Otto. Sua construção confirmou a hipótese de que a fase de compressão seria responsável pelo aumento da potência do motor. Esse motor foi conhecido por "motor Otto silencioso" apesar de não podemos interpretar de forma literal. A patente do motor Otto foi posterior ao desenvolvimento do ciclo desenvolvido por Rochas, apesar disso alguns autores afirmam que Otto não conhecia os trabalhos de Rochas. Assim a máquina desenvolvida além de ser conhecido por motor Otto, o ciclo termodinâmico usado por ele também passou a se chamar de Ciclo de Otto.

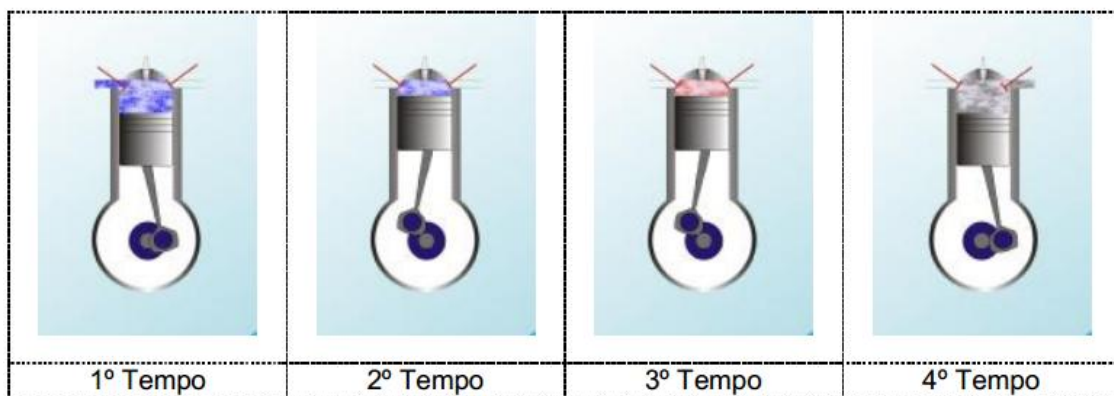


Nos veículos atuais são utilizados motores de combustão interna, com algumas variações quanto ao ciclo de quatro ou dois tempos e ao combustível utilizado.

Basicamente os motores são constituídos de cilindros com pistões móveis e um virabrequim ou eixo que transmite o movimento dos pistões para as rodas. O motor é fabricado com ligas de metais capazes de suportar altas temperaturas sem se fundirem e com a propriedade de transmitirem facilmente o calor gerado pelo atrito entre as peças e a explosão para o ambiente.

Os motores de quatro tempos são assim chamados por realizarem um ciclo composto por quatro fases: admissão, compressão, explosão e escape.

As figuras abaixo mostram os quatro tempos do motor.



■ No 1º tempo ocorre a admissão da mistura de ar com o combustível. O pistão desce e a válvula de admissão é aberta possibilitando a entrada da mistura.

■ No 2º tempo ocorre a compressão. Estando as válvulas fechadas, o pistão sobe e comprime a mistura de ar e combustível.

☞ No 3º tempo ocorre a explosão. Quando o pistão atinge o ponto de compressão máximo uma faísca elétrica provocada pela vela provoca a explosão do combustível, a explosão empurra o pistão para baixo.

☞ No 4º tempo ocorre a exaustão. A válvula de escape está aberta possibilitando o expulsão dos gases resultantes da explosão. Reiniciando o ciclo.

Você já deve ter ouvido falar em motores 1.0 ou 2.0, esses números estão relacionados com o “tamanho do motor”. Esse tamanho não significa as dimensões físicas do motor e sim uma classificação que é dada pelo deslocamento volumétrico ou também chamada de cilindradas. A cilindrada é calculada de uma forma bastante simples. Multiplica-se a área do pistão pelo curso (distância que vai do ponto morto inferior ao ponto morto superior) do pistão. Esse valor dado em centímetros cúbicos é então multiplicado pela quantidade de pistões. Se um carro possui 4 pistões e cada pistão comporta 500 cm^3 , isso significa que o motor é de 2 litros ou um motor 2.0. Se o motor possui 6 cilindros em forma de V teremos um motor V6 3.0.

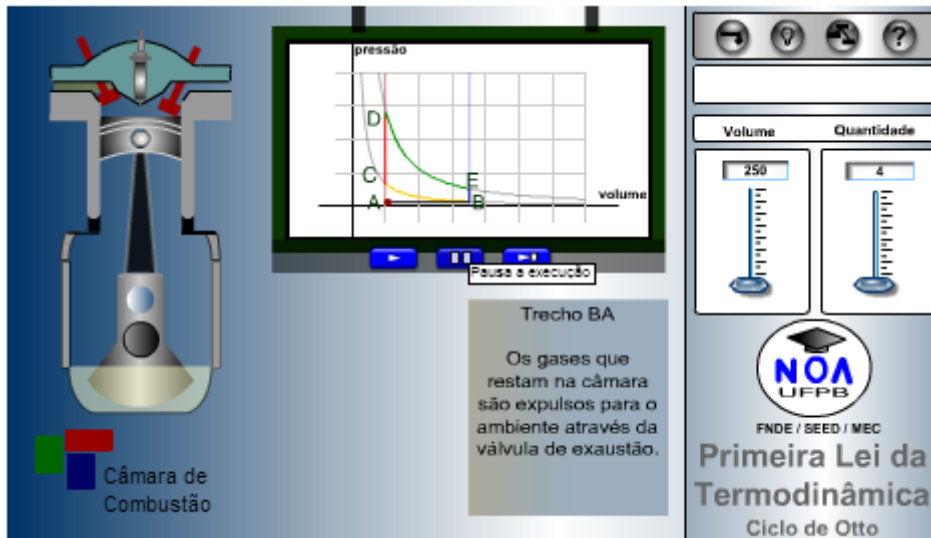
Então poderíamos dizer: “Então por que não colocar um único cilindro de 2 litros em vez de 4 de meio litro?”. Bem podemos citar dois motivos que torna esse motor inviável, um deles é a estabilidade. Enquanto no motor com 4 cilindros temos explosões em tempos regulares, no motor de um único cilindro teremos uma única grande explosão por tempo, o que torna o motor instável. Outro motivo está relacionado a hora da partida, que ao invés de vencer a inércia de dois pistões de meio litro, teria que vencer um cilindro de 2 litros.

Há também os motores que funcionam utilizando como combustível o diesel, esses motores diferem das máquinas que operam no ciclo de Otto no 1º tempo, onde há apenas a admissão de ar. O ar é então comprimido, quando o ar atinge o ponto de compressão máximo ele se encontra em altas temperaturas (de 600 a 750 K), uma bomba injeta o óleo diesel, vaporizando o combustível dentro do cilindro. O encontro do ar quente com o óleo diesel provoca uma combustão espontânea empurrando o cilindro para baixo.

Tanto o diesel como a gasolina são chamados de combustíveis fósseis, pois são derivados do petróleo. A oferta desses combustíveis é limitada havendo previsões de esgotamento de suas fontes em algumas décadas, além disso, a queima desses combustíveis leva a criação de resíduos que são maléficos ao ambiente. Esses e outros motivos de cunho econômico levam aos cientistas a desenvolverem novos combustíveis a partir de fontes renováveis, como por exemplo, o biodiesel, o hidrogênio e até a energia elétrica. Num futuro não muito distante iremos ver carros que funcionando com esses combustíveis ajudaram a melhorar o clima do nosso planeta.

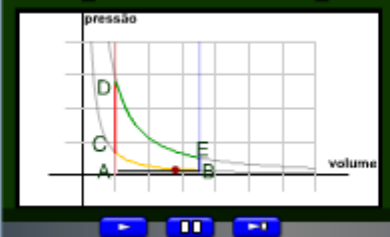
NOA-UFPA

A seguir disponibilizamos as diversas telas de animação - reprodução virtual do fenômeno de estudo:





■ ■ ■ Compressão
Adiabática



Trecho BC

Pela inércia do virabrequim, o pistão sobe e ocorre uma compressão adiabática da mistura com aumento de pressão

Volume
Quantidade

250



4





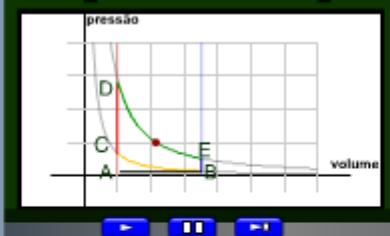
FNDE / SEED / MEC

Primeira Lei da Termodinâmica

Ciclo de Otto



■ ■ ■ Expansão
Adiabática



Trecho DE

O pistão é forçado a descer. O seu movimento linear, é transformado em movimento de rotação para o virabrequim.

Volume
Quantidade

250



4

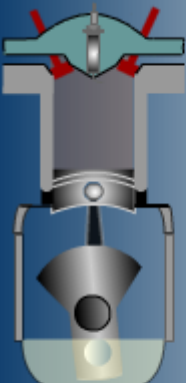




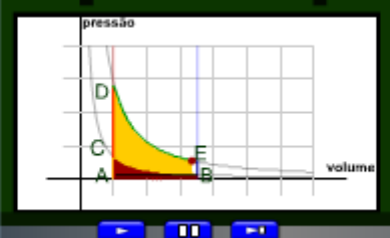
FNDE / SEED / MEC

Primeira Lei da Termodinâmica

Ciclo de Otto



■ ■ ■ Expansão
Adiabática



ΔE ΔQ ΔW

Trecho DE

O pistão é forçado a descer. O seu movimento linear, é transformado em movimento de rotação para o virabrequim.

Volume
Quantidade

250



4





FNDE / SEED / MEC

Primeira Lei da Termodinâmica

Ciclo de Otto

■ ■
■ Câmara de Combustão

pressão

volume

A B C D

ΔE ΔQ ΔW

Trecho BA

Os gases que restam na câmara são expulsos para o ambiente através da válvula de exaustão.

Volume

Quantidade

250

4

NOA UFPB

FNDE / SEED / MEC

Primeira Lei da Termodinâmica

Ciclo de Otto

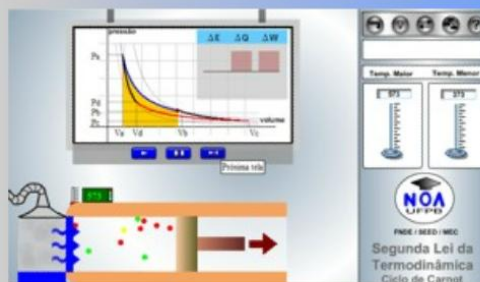
DESCRIÇÃO DO OA

Segunda Lei da Termodinâmica

Utilizamos o Ciclo de Carnot, com transformações em um sistema termodinâmico, como pano de fundo para a exibição da segunda lei da termodinâmica.

Convênio
SEED/MEC/UFPB/2007.

Segunda Lei da Termodinâmica



HTML

Visualizar



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Secretaria de
Educação a Distância

Ministério da
Educação



Núcleo de Construção de Objetos de Aprendizagem - UFPB

**NOA
UFPB**

Segunda Lei da Termodinâmica

Ciclo de Carnot

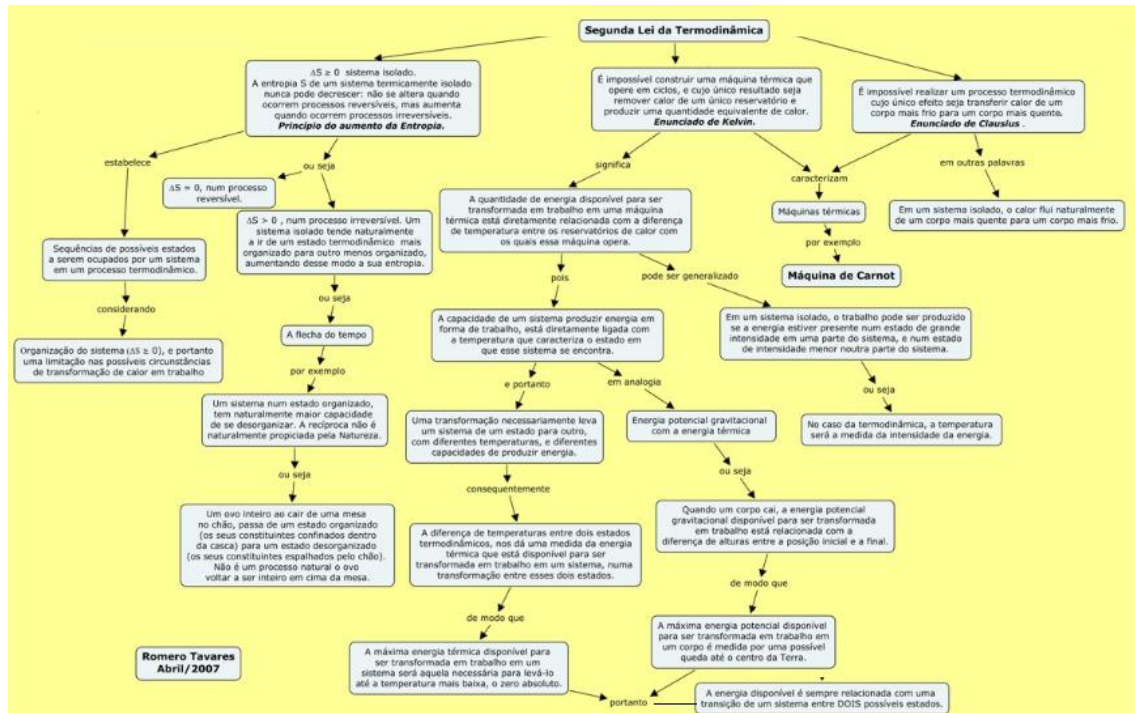
Romero Tavares

Gil Luna Rodrigues

José N. Santos

Mariel Andrade

ALGUNS DIREITOS RESERVADOS



	Segunda Lei da Termodinâmica Objeto de aprendizagem: Segunda Lei da Termodinâmica NOA - UFPB
---	--

A segunda Lei da Termodinâmica tem uma característica diferente de outras leis da Física; ela apresenta vários enunciados, e ela estabelece condicionantes para a ocorrência de processos Físicos, mesmo aqueles permitidos pela 1ª Lei da Termodinâmica. A primeira Lei da Termodinâmica trata do balanço de energia que deve existir quando um sistema é submetido a um processo termodinâmico. Se considerarmos um sistema isolado, a variação na sua energia interna ΔE vai ser igual ao calor Q absorvido por esse sistema subtraído o trabalho W executado por ele. Numa equação, teremos:

$$\Delta E = Q - W$$

Existem inúmeros processos que satisfazem a essa equação, mas que não são possíveis de acontecerem na Natureza. A segunda Lei da Termodinâmica explicita em seus enunciados quais são as condições para que os processos possam acontecer na Natureza. Por exemplo: uma hélice submersa em água é impulsionada por um motor, de modo a aquecer esse líquido com a agitação que as suas pás causam. A segunda lei coloca que é impossível inverter esse processo, de modo a utilizar esse aumento da energia da água e recuperar a energia fornecida inicialmente pelo motor.

O enunciado de Kelvin da Segunda Lei da Termodinâmica diz que:

É impossível construir uma máquina térmica que opere em ciclos, e cujo único resultado seja remover calor de um único reservatório e produzir uma quantidade equivalente de calor.

Podemos compreender esse enunciado considerando que a capacidade de um sistema produzir energia em forma de trabalho; em um sistema termodinâmico ela está diretamente ligada com a temperatura que caracteriza o estado em que esse sistema se encontra. Por exemplo, quando um corpo cai, a energia potencial gravitacional disponível para ser transformada em trabalho está relacionada com a diferença de alturas entre a posição inicial e a final. A máxima energia potencial de um corpo disponível para ser transformada em trabalho é medida por uma possível queda até o centro da Terra. Por outro lado, uma transformação termodinâmica necessariamente leva um sistema de um estado para outro, com diferentes temperaturas, e diferentes capacidades de produzir energia. A diferença de temperaturas entre dois estados termodinâmicos nos dá uma medida da energia térmica que está disponível para ser transformada em trabalho em um sistema, numa transformação entre esses dois estados. Portanto, a máxima energia térmica disponível para ser transformada em trabalho em um sistema será aquela necessária para levá-lo até a temperatura mais baixa, o zero absoluto. Conseqüentemente, a energia disponível é sempre relacionada com uma transição de um sistema entre DOIS possíveis estados.

Em outras palavras, assim como quando consideramos uma variação da energia potencial gravitacional, uma transição entre estados termodinâmicos necessita de um estado inicial e final, a existência de uma transição termodinâmica exige a existência de um estado de mais alta temperatura (energia) e outro estado de mais baixa temperatura (energia).

O enunciado de Clausius da Segunda Lei da Termodinâmica diz que:

É impossível realizar um processo termodinâmico cujo único efeito seja transferir calor de um corpo mais frio para um corpo mais quente.

A ênfase desse enunciado deve ser colocada na negação desse processo com apenas um ÚNICO efeito. Em outras palavras, esse enunciado coloca que esse não é um processo natural, apesar de seu processo inverso ser natural (calor ser transferido de um corpo quente para um corpo frio).

Poderemos compreender esse enunciado considerando uma situação corriqueira; a queima do gás de cozinha produz o calor que permite ser aquecida água de uma panela, levando essa água de um estado termodinâmico com temperatura mais baixa para outro com temperatura mais alta. No entanto, é impossível esse processo acontecer no sentido inverso, ou seja: a água utilizar o calor que recebeu da combustão, e reconstituir o poder de queima do para a situação inicial. Apesar dessa transformação ser permitida energeticamente pela primeira Lei ela é proibida pela segunda Lei.

Pode parecer *non-sense* a preocupação dos cientistas com processos que marcadamente sabemos ser impossíveis por nossa experiência cotidiana. Mas foi a partir da generalização desse princípio que se colocou um final na romaria de charlatões que viviam a ludibriar a sociedade prometendo máquinas que pretensamente funcionariam com apenas a transformação de calor em trabalho. Prometendo por exemplo uma máquina que funcionaria num processo que usaria apenas o calor da água do mar para produzir trabalho, como uma fonte inesgotável!

Iremos aproveitar a apresentação dessas leis da termodinâmica, assim como a animação interativa do ciclo de Carnot para introduzir o conceito de entropia. O ciclo de Carnot considera como fluido operante um gás ideal; e nessas circunstâncias, pode-se provar que existe uma relação entre o calor Q_1 que o sistema absorve isotermicamente da fonte quente a uma temperatura T_1 e o calor Q_2 que o sistema rejeita isotermicamente na fonte fria a uma temperatura T_2 . Essa relação tem a forma:

$$\frac{Q_1}{T_1} = -\frac{Q_2}{T_2} \quad \therefore \quad \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$$

Se considerarmos um ciclo equivalente ao de Carnot, mas que contenha um número $N/2$ de isotermas mais quentes e $N/2$ de isotermas mais frias, quando consideramos um ciclo a equação acima tomará a forma:

$$\sum_{i=1}^N \frac{\Delta Q_i}{T_i} = 0 \quad \therefore \quad \sum_{i=1}^N \Delta S_i = 0 \quad , \quad \frac{\Delta Q_i}{T_i} = \Delta S_i$$

As equações acima consideram um ciclo equivalente ao de Carnot, mas com um número muito grande de transformações diferentes, e cada uma delas com um intervalo de atuação muito pequeno. Por exemplo, o sistema vai absorver isotermicamente uma quantidade muito pequena (infinitesimal) de calor ΔQ_i quando a temperatura for T_i . Considerando uma transformação desse tipo, podemos perceber a existência da grandeza $\Delta S_i = \Delta Q_i / T_i$, cuja soma é zero, num ciclo equivalente ao de Carnot. Essa grandeza ΔS_i é a variação da entropia nesse processo i , onde o sistema troca o isotermicamente o calor Q_i numa temperatura T_i . Quando esse número N de etapas for muito grande (tendendo a infinito) e calor ΔQ_i for muito pequeno (tendendo a zero), existe um método próprio de se efetuar o cálculo dessa somatória, denominado técnica de integração. E a expressão assume a forma:

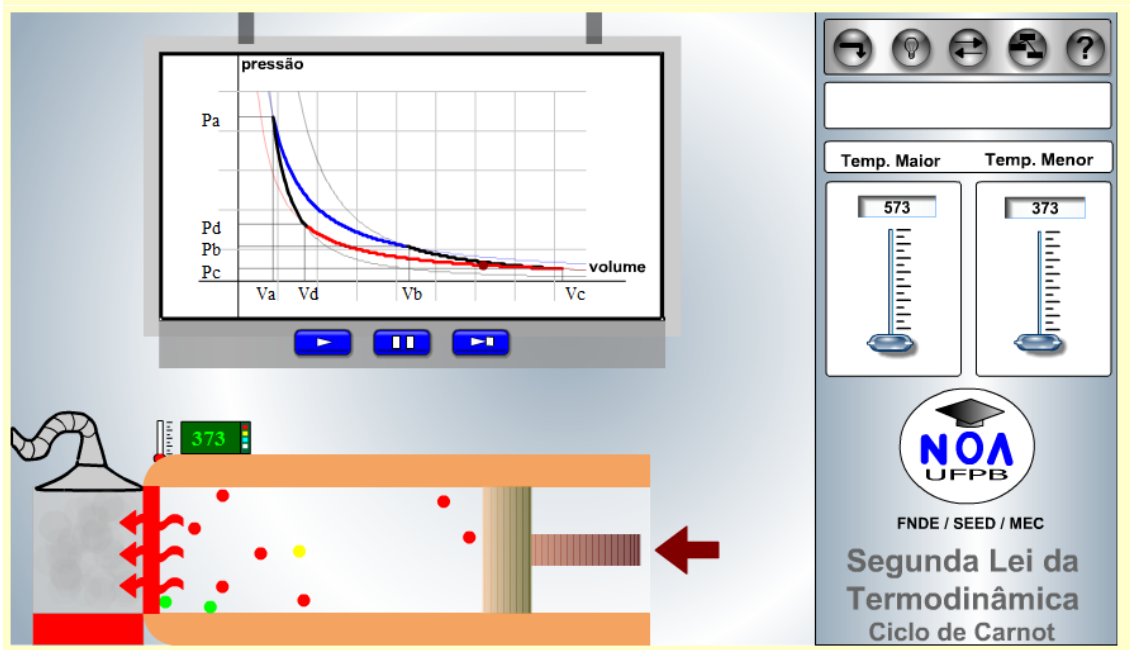
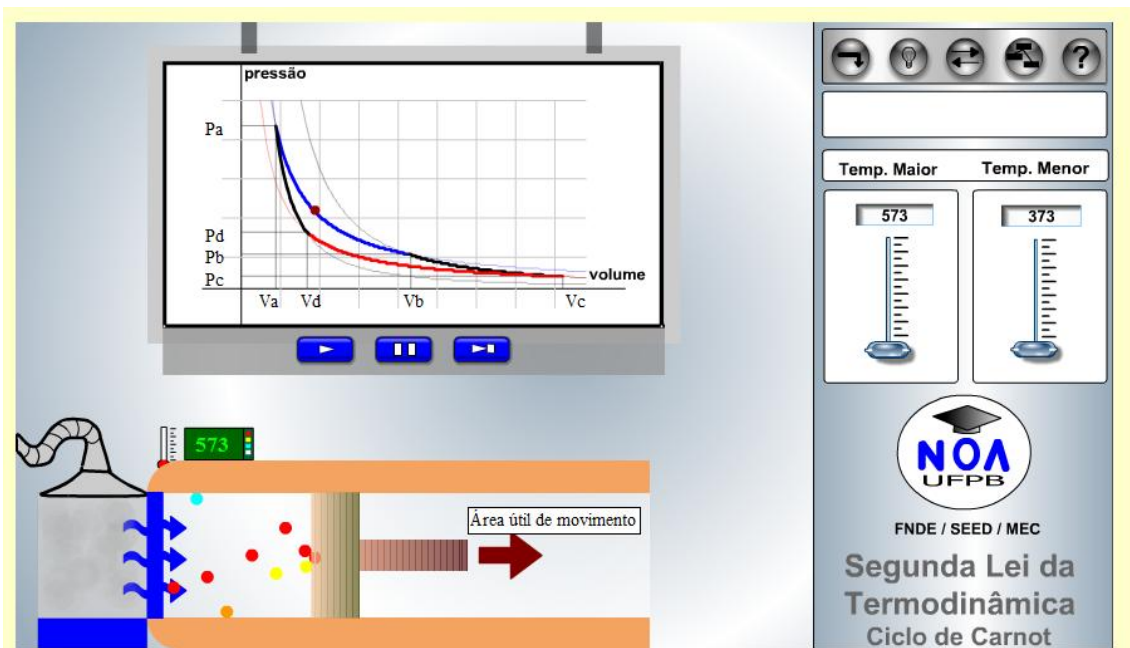
$$\lim_{\substack{\Delta Q_i \rightarrow 0 \\ N \rightarrow \infty}} \sum_{i=1}^N \frac{\Delta Q_i}{T_i} = \int \frac{dQ_R}{T} = \int dS$$

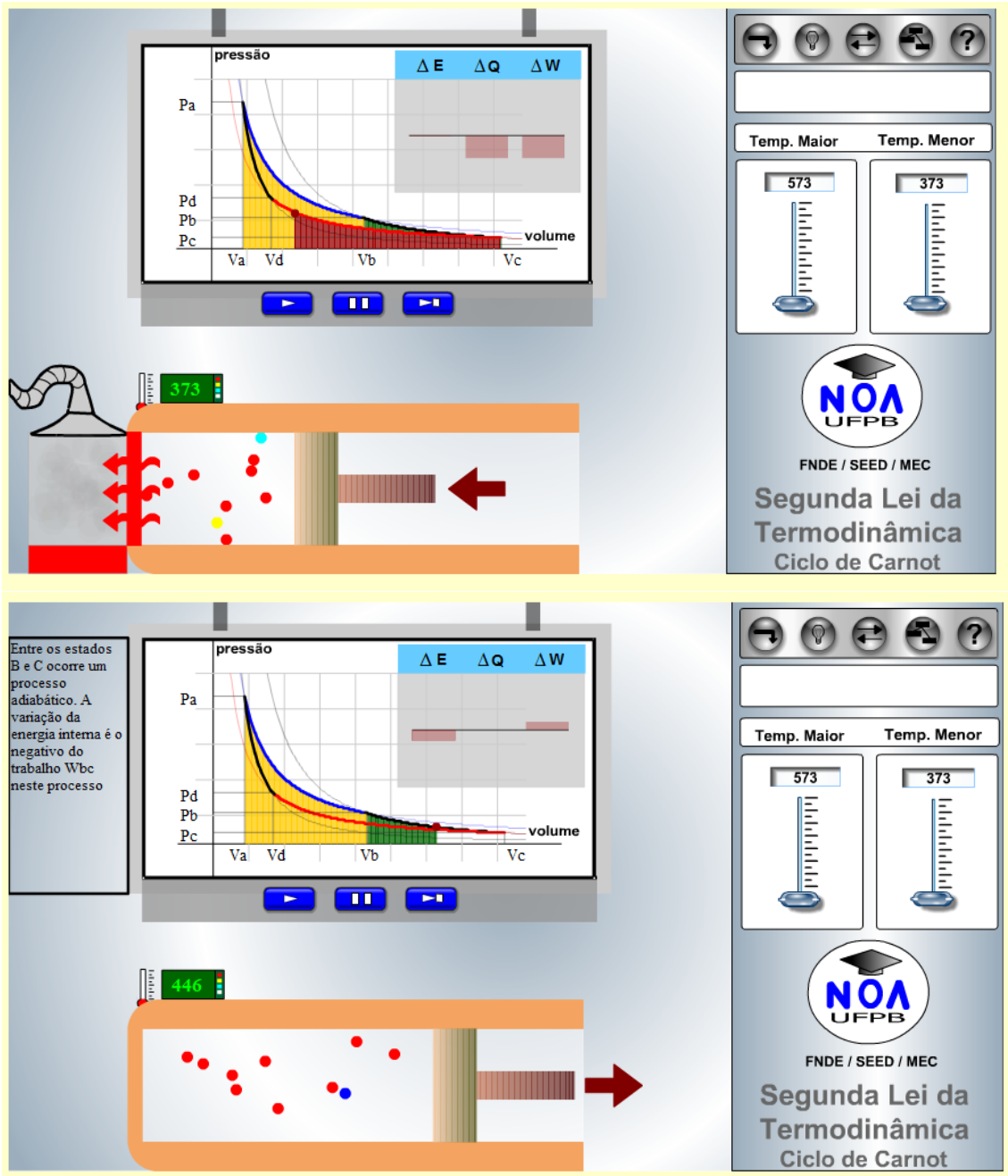
onde

$$dS = \frac{dQ_R}{T}$$

e portanto o termo $\int dS$ deve ser interpretado como a soma das infinitas parcelas.

A variação da entropia dS é definida em um processo reversível com calor dQ_R trocado pelo sistema nessas circunstâncias, dividido pela temperatura T em que esse processo acontece.





Fonte: NOA/UFPB – RIVED/ MEC/SEED.

ANEXO F – Formulário de cadastramento para validação dos Objetos de Aprendizagem.



RIVED Rede Interativa Virtual de Educação

Formulário de cadastramento

Não altere a formatação dos campos.

AUTORIA

NOA – Universidade Federal da Paraíba – UFPB Ano: 2007

Autor(es): Gil Luna Rodrigues; Mariel José Pimentel de Andrade; Romero Tavares da Silva; José Nazareno dos Santos.

e-mail:

romero@fisica.ufpb.br

Título do conteúdo/objeto: Transformações Termodinâmicas - Primeira Lei da Termodinâmica e Ciclo de Otto – Segunda Lei da Termodinâmica e Ciclo de Carnot.

Área(s) de Conhecimento:

- ☐ Geografia ☐ Matemática ☒ Física
☐ Biologia ☐ Química ☐ História
☐ Línguas
☐ Outro:

Nível (is):

- ☐ Ensino Fundamental
☒ Ensino Médio
☐ Ensino profissionalizante
☒ Ensino Superior
☐ Atendimento às necessidades especiais

Série:

- Ensino Fundamental ☐ 1º ☐ 2º ☐ 3º ☐ 4º ☐ 5º ☐ 6º ☐ 7º ☐ 8º
Médio ☒ 1º ☐ 2º ☐ 3º
Ensino profissionalizante ☐
Ensino Superior ☒

Atendimento às necessidades especiais ()

Tecnologia(s) utilizada(s):

() HTM (X) Flash

() Java () PHP

() ASP (X) XML

() Outro:

Conteúdo/objeto:

(X) Módulo RIVED

() Atividade RIVED

() Conteúdo produzido para o PAPED

() Conteúdo produzido para o Prêmio RIVED

() Outro:

Documentação do conteúdo:

(X) Arquivos completos do
conteúdo

(X) Guia do professor -
PDF ou zipado

Licenciado:

(X) Creative Commons

() Outro. Informar

qual.....

Identificação do conteúdo/objeto:

(X) Simulação (X) Animação

() Animação e simulação

(X) Site e animação

() Site e simulação

() Site e animação e simulação

() Outro:

Caso o conteúdo/objeto de aprendizagem seja **originado** de outro conteúdo
informar:

Tipo de conteúdo: *(motivação, observação, reconhecimento, análise,
experimentação, resolução de problemas, previsão, prática, exploração, discussão
etc).*