

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS – MESTRADO PROFISSIONAL**

**MAPA CONCEITUAL COMO FERRAMENTA PARA O
ENSINO DAS LEIS DA TERMODINÂMICA**

Benedito Carlos de Jesus

Cuiabá – MT

2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS – MESTRADO PROFISSIONAL**

BENEDITO CARLOS DE JESUS

**MAPA CONCEITUAL COMO FERRAMENTA PARA O
ENSINO DAS LEIS DA TERMODINÂMICA**

Dissertação realizada sob orientação Professor Dr. Carlos Rinaldi e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção parcial do Título de Mestre em Ensino de Ciências Naturais – Área de Concentração 'Ensino de Física', pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais da Universidade Federal de Mato Grosso.

Mestrando: Benedito Carlos de Jesus

CUIABÁ – MT

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

BENEDITO CARLOS DE JESUS

**MAPA CONCEITUAL COMO FERRAMENTA PARA O
ENSINO DAS LEIS DA TERMODINÂMICA**

Dissertação apresentada à banca de defesa em 01/07/2015, conferindo ao autor o título de Mestre em Ensino de Ciências – Mestrado Profissional do Instituto de Física da UFMT

Banca examinadora:

DR.CARLOS RINALDI

DR^a. IRAMAIA JORGE C.DEPAULO

DR. VITÉRICO JABUR MALUF

CUIABÁ – MT

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

J58m Jesus, Benedito Carlos de.
Mapa conceitual como ferramenta para o ensino das leis da termodinâmica / Benedito Carlos de Jesus. -- 2015
123 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Carlos Rinaldi.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Cuiabá, 2015.
Inclui bibliografia.

1. Ensino superior. 2. ensino de física. 3. mapa conceitual. 4. ensino de entropia. 5. aprendizagem significativa. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

AUTENTICAÇÃO

DEDICATÓRIA

E onde tem de ser assumida a responsabilidade, aí também existem direitos decorrentes do cumprimento do dever. Os deveres encerram a responsabilidade; somente o cumprimento dos deveres condiciona direitos. Quem vive de acordo com isso, estará certo perante Deus.

(Abdruschin, 1992, p. 171)

A minha família que foi o meu esteio e possibilitou-me a oportunidade de vencer mais uma etapa da minha vida, e em especial a minha esposa pelo seu amor, apoio e colaboração na formatação desta dissertação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, que nos dá cheio de graça a LUZ, a VIDA e a FORÇA para realizar este trabalho.

A minha esposa, fiel companheira, parceria de todas as horas, e que sempre me deu apoio na concretização deste trabalho.

Ao meu orientador, pela sua paciência, análise e revisão dos manuscritos, aos encontros que permitiram constantes reflexões para o aprimoramento deste trabalho e reconhecer o sentido mais profundo da humildade e do sentido de prioridade na minha carreira profissional.

Agradeço a UNEMAT – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO por ter concedido o espaço e a oportunidade de realizar a pesquisa. Em especial ao chefe do departamento de Matemática, o professor Dr. Maluf que permitiu a investigação deste projeto de pesquisa.

A coordenadora do curso de Biologia, a Professora Alessandra que autorizou a realizar a coleta de dados nas aulas de Física Aplicada à Biologia, junto aos alunos do primeiro semestre.

E finalmente aos alunos do curso de Biologia que colaboraram efetivamente em todas as etapas deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho apresenta os resultados de um estudo feito junto aos alunos de Licenciatura Plena e Bacharelado em Ciências Biológicas da UNEMAT – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO, situada no município de Cáceres-MT. A pesquisa foi realizada na turma 2014/2-CAC690 de período integral com 27 alunos no segundo semestre de 2014, sendo utilizada a tríade do contexto da pesquisa: ato de ensinar – contexto de sala de aula – avaliação. Nesta tríade sugere que o professor no ato de ensinar, utilize mapas conceituais como ferramenta de ensino para negociar significados. E dentro do contexto da sala de aula, investigar quais os conhecimentos prévios que os alunos de biologia têm sobre entropia e através do mapa conceitual construído pelos alunos avaliar a evolução dos conceitos estudados. A estratégia a ser desenvolvida para a construção dos mapas conceituais envolveu a metodologia qualitativa, onde o significado que os alunos dão aos conceitos de entropia e a vida são focos de atenção especial do pesquisador, porque isso significava que nas três etapas específicas que fossem construídos os mapas conceituais pudessem averiguar se os alunos hierarquizaram, diferenciaram os conceitos principais dos secundários, relacionaram os conceitos de entropia com a termodinâmica e como eles integrariam os conceitos de entropia, isto é, como eles reconciliam integrativamente esse conceito. Ao todo foram seis etapas (aulas), sendo a primeira para aplicação do pré-teste, a segunda para orientar na construção do mapa conceitual, a terceira e quarta, quinta e sexta para a construção dos mapas conceituais. As análises dos mapas conceituais serviram para avaliar se houve a aprendizagem significativa.

Palavras-chaves: Ensino superior, ensino de física, mapa conceitual, ensino de entropia, aprendizagem significativa.

ABSTRACT

The present work presents the results of a study done by graduate students and Bachelor of biological sciences UNEMAT-UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO, in the municipality of Cáceres-MT. The survey was conducted in the class 2014/2-full-time CAC690 with 27 students in the second half of 2014, being used the search context triad: Act of teaching – classroom context – assessment. In this triad suggests that the teacher in the Act of teaching, use conceptual maps as teaching tool to negotiate meanings. And within the context of the classroom, into which the previous knowledge that biology students have about entropy and through the concept map constructed by the students evaluate the evolution of the concepts studied. The strategy to be developed for the construction of concept maps involved the qualitative methodology, where the meaning that students give to the concepts of entropy and life are foci of attention and Special attention of the researcher, because this meant that in three specific steps that were built the conceptual maps could ascertain whether students rank, differentiated the main concepts of the secondary, related the concepts of entropy in thermodynamics and how they integrated the concepts of entropy, i.e. how they reconcile this concept integrativamente. Altogether there were seven steps (classes), being the first and the last to implement the tests, for subsequent comparison of the results. The results served to analyse and assess whether what was examined proved to be efficient and significant learning was reached.

Keywords: higher education, physics education, conceptual map, teaching of entropy, meaningful learning.

Sumário

INTRODUÇÃO	11
1 – REVISITANDO AS PROPOSIÇÕES SOBRE O ENSINO DE FÍSICA.....	15
1.1 Propostas oficiais para o ensino de Física	15
1.2 Ensino de Física: o que nos dizem os especialistas	18
1.3 A formação do Bacharel e/ou Licenciado em Biologia da UNEMAT: o papel da Física na formação	20
1.4 O Ensino de Física no Ensino Médio: o caso da Termodinâmica	24
2 – A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL.....	27
2.1 A Teoria de Aprendizagem Significativa e os Mapas Conceituais	27
2.2 A Produção de um Mapa Conceitual para Termodinâmica	33
3 – METODOLOGIA E SUJEITO DA PESQUISA	40
3.1 Uma pesquisa qualitativa: estudo de um caso	40
3.2 As atividades e instrumentos de coleta de dados	42
3.3 Os Sujeitos da Pesquisa	45
4 – EVOLUÇÃO CONCEITUAL DOS PESQUISANDOS	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	77
ANEXO 1 – Pré-Teste	77
ANEXO 2 – Texto e Interpretação – Apenas a passagem de ida ou o sentido do tempo	81
ANEXO 3 – Construção do Mapa Conceitual – MC1	84
ANEXO 4 – Construção do Mapa Conceitual – MC2: Calor e a Primeira Lei da Termodinâmica.....	109
ANEXO 5 – Construção do Mapa Conceitual – MC3: Entropia e a Segunda Lei da Termodinâmica.....	112

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01- Mapa conceitual sobre a “Biodiversidade animal da Floresta Atlântica (Wendt e Schroeder, 2010, p.81)	31
FIGURA 02 – Mapeamento do conteúdo referente a fenômenos térmicos (Moreira, 2006, p.27).....	33
FIGURA 03 – MC1 – Estrutura organizacional da Física Térmica (o autor) ...	34
FIGURA 04 – MC2 – Estrutura organizacional dos conceitos de Calor e Temperatura (o autor)	35
FIGURA 05 – MC3 – Estrutura organizacional dos conceitos da 1ª Lei da Termodinâmica (o autor)	37
FIGURA 06 – MC4 – Estrutura organizacional dos Processos Termodinâmicos – 2ª Lei e Entropia (o autor)	38
FIGURA 07 – MC1 – Mapa conceitual da categoria – Fraco	52
FIGURA 08 – MC1 – Mapa conceitual da categoria - Médio.....	53
FIGURA 09 – MC1 – Mapa conceitual da categoria – C2.....	54
FIGURA 10 – MC1 – Mapa conceitual da categoria – C1	55
FIGURA 11 – MC2 – Mapa conceitual da categoria – Fraco	57
FIGURA 12 – MC2 – Mapa conceitual da categoria - Médio.....	58
FIGURA 13 – MC2 – Mapa conceitual da categoria – C2.....	58
FIGURA 14 – MC2 – Mapa conceitual da categoria – C1	59
FIGURA 15 – MC3 – Mapa conceitual da categoria - Fraco	60
FIGURA 16 – MC3 – Mapa conceitual da categoria – Médio.....	61
FIGURA 17 – MC3 – Mapa conceitual da categoria – C2.....	61
FIGURA 18 – MC3 – Mapa conceitual da categoria – C1	62
FIGURA 19 – Infográfico da Evolução Conceitual dos Alunos por Categorias..	66
FIGURA 20 – Infográfico da Evolução Conceitual do MC1 para MC3 por Categorias.....	69

LISTA DE QUADRO E TABELAS

TABELA 01 – Distribuição dos Mapas Conceituais (MC1, MC2 e MC3) por categorias.....	48
TABELA 02 – Evolução dos Mapas na Categoria F (fraco)	49
TABELA 03 – Evolução dos Mapas na Categoria M (médio).....	50
TABELA 04 – Evolução dos Mapas na Categoria C2 (completo)	50
TABELA 05 – Evolução dos Mapas na Categoria C1 (completo)	51

INTRODUÇÃO

O ensino de física vem sofrendo mudanças significativas nos últimos anos, onde vem sendo, cada vez mais, exigida ações que envolvam a contextualização, interdisciplinaridade, competências e habilidades. Sabemos que a implantação de novas diretrizes, que solicitem implementações de práticas escolares concretas, não ocorrerão por decreto, mas dependem da adesão voluntária dos profissionais da educação. Depende também, de um processo contínuo de discussão, investigação e atuação, necessariamente permeado de diálogo constante entre os envolvidos.

Não se pode olvidar que o que acontece na sala de aula é influenciado pelos movimentos promovidos em outros níveis de organização social e cultural.

Tais indicativos solicitam que o ensino deva acontecer num certo contexto onde os olhos da pesquisa em ensino não podem ignorar, a rigor, é e deve ser parte inseparável do fenômeno de interesse do chão da escola. Portanto, a nosso ver, o fenômeno de interesse da sala de aula pode ser contemplado na tríade: ato de ensinar, contexto da sala de aula e avaliação, visando à aprendizagem significativa.

O objetivo da nossa pesquisa **é utilizar mapas conceituais para ensinar conceitos de termodinâmica, especialmente entropia, na perspectiva da aprendizagem significativa.** Para atingir esse objetivo traçamos alguns objetivos específicos, são eles:

- Buscar o como os alunos constroem seus mapas conceituais;
- Pesquisar nos mapas conceituais dos alunos a percepção e as regularidades dos fenômenos físicos estudados na termodinâmica;
- Interpretar, nos mapas, as relações dos conceitos estudados na termodinâmica com a entropia;
- Elaborar uma ferramenta didática utilizando-se dos mapas conceituais como estratégia de ensino.

Para o estudo da entropia, foi proposto a construção de mapas conceituais como uma ferramenta estratégica de ensino, no início, durante e no

término das aulas de Física Aplicada às Ciências Biológicas, para a construção do conceito da entropia e na avaliação da aprendizagem dos alunos dessa disciplina.

O motivo da realização desta pesquisa deveu-se em primeiro lugar, ao desafio de ao longo da minha carreira profissional não ter ministrado, de modo completo, o estudo da Termodinâmica, em especial a entropia no curso superior. Portanto, será um desafio ensinar e aprender com os alunos a construção dos conceitos de entropia. Sobre isto, Pádua (2009), destaca que há quatro aspectos básicos, para estudar Termodinâmica: científico, econômico-político-social, tecnológico e didático pedagógico. Para nossa pesquisa os aspectos científicos e o didático pedagógico, são os de maior interesse.

E segundo, devido a necessidade de melhorar a minha prática educativa, na busca de melhorar a qualidade do ensino de física. Diante desta responsabilidade, e contando com o mapa conceitual como ferramenta de ensino que busca trazer clareza, estabilidade e organização dos conhecimentos assimilados, possibilitando aos estudantes construir seus mapas conceituais com coerência lógica e que ocorra efetivamente a aprendizagem significativa.

Para coleta, análise e interpretação dos dados, a pesquisa qualitativa, foi utilizada como metodologia neste trabalho. Essa metodologia possibilita observar o microcosmo da sala de aula, focado no processo de ensino e aprendizagem da leitura e da escrita, bem como dos conhecimentos da entropia, permitirá registrar, analisar e avaliar sistematicamente cada sequência da construção do mapa conceitual, mostrando que o uso dessa ferramenta de ensino, nas aulas, permitirá aos alunos alcançarem a aprendizagem significativa.

Assim, esta pesquisa tem nuances de estudo de caso e ao mesmo tempo participativa, por interferir numa realidade da sala de aula, com 27 discentes que compuseram a turma da disciplina no semestre 2014/2, e foram também os sujeitos da pesquisa, os quais puderam, ao longo das atividades, vivenciar uma prática de ensino assentada na construção de Mapas Conceituais.

A presente dissertação está estruturada em cinco capítulos e seus anexos, entre eles, o produto final (ferramenta didática) do mestrado profissional.

No Capítulo 1 revisitamos as propostas oficiais sobre o ensino de física estabelecido a partir das diretrizes curriculares para o ensino de ciências

no ensino médio, as orientações das ações educativas no ensino obrigatório, a busca da melhoria da qualidade do ensino nas escolas brasileiras e como os pesquisadores analisaram estas propostas oficiais de modo a propor uma nova identidade ao ensino médio envolvendo a questão do trabalho, da contextualização e da interdisciplinaridade, bem como, sobre os temas estruturadores no ensino de física. Destaca-se, também, a formação do licenciado e bacharel em biologia proposta pela UNEMAT/Campus Universitário de Cáceres, discutindo seus objetivos e a formação do egresso. Este trabalho culmina em uma análise do papel da Física frente a formação do egresso, quer para ser professor e/ou pesquisador na área de biologia, isto é, como os conhecimentos físicos são essenciais para a atuação de um licenciado ou bacharel em biologia. Por último discute que ensinar termodinâmica não é um papel simples, principalmente, quando se discute os conceitos relacionados à segunda lei da termodinâmica e a entropia.

O Capítulo 2 discute a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel a coloca em movimento ao discutir a aprendizagem significativa com a utilização de mapas conceituais, quer para ensinar os aspectos macro ou microscópicos da Termodinâmica. Com esta discussão, foi possível a construção dos Mapas Conceituais que serviram de subsídios para construção das categorias de análise dos Mapas produzidos pelos sujeitos da pesquisa. Dos mapas construídos foi possível a sistematização em um único Mapa Conceitual denominado mapa referência, mapa esse que integra os demais, sobre os conceitos da termodinâmica, na vertente epistemológica: o comportamento macroscópico dos sistemas.

A metodologia da pesquisa é descrita e discutida no Capítulo 3, envolvendo o universo e sujeitos da pesquisa, os procedimentos, os objetivos da pesquisa, o cronograma da pesquisa, o planejamento das atividades e a descrição dos instrumentos de coleta de dados. Estes elementos foram construídos considerando que os Mapas Conceituais seriam os principais elementos de coleta de dados e, ao mesmo tempo, instrumentos de avaliação se houve durante as etapas de trabalho uma real aprendizagem significativa sobre os conceitos da termodinâmica.

O capítulo 4 analisa os resultados dos dados coletados, trata-se de demonstrar como foi a evolução conceitual dos alunos de biologia, procurando mostrar se ela ocorreu ao longo da construção dos três mapas conceituais, analisar de que maneira eles utilizam os subsunçores para produzirem os mapas conceituais, ou seja, é possível observar nos mapas conceituais da termodinâmica a hierarquização dos conceitos, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

Nas Considerações Finais destacamos a importância desta pesquisa para a formação do pesquisador e de seus resultados e, como o uso dos Mapas Conceituais pode ser um instrumento metodológico para o ensino e para a avaliação de aprendizagem, detectando se os graduandos em licenciatura e bacharelado em Biologia aprenderam significativamente os conceitos da termodinâmica. Destacamos que a elaboração do infográfico foi importante para entender o movimento conceitual de cada aluno e como o valor absoluto de cada resultado se configura por este movimento, assim, os resultados absolutos de cada categoria são compostos por movimento oriundos das mais diferentes categorias. Os resultados alcançados apontam a potencialidade da utilização dos mapas conceituais para o ensino, mas para alguns graduandos, a partir da sua elaboração ficou difícil observar algum desenvolvimento conceitual.

1. REVISITANDO AS PROPOSIÇÕES SOBRE O ENSINO DE FÍSICA

1.1. Propostas oficiais para o Ensino de Física

O Plano decenal de Educação em consonância com o que estabelece a Constituição de 1988 afirma a necessidade e a obrigação do Estado elaborar parâmetros no campo curricular que possam orientar as ações educativas do ensino obrigatório, de forma a adequá-lo aos ideais democráticos e à busca da melhoria da qualidade do ensino nas escolas brasileiras (PCN, 1997, p.14).

Segundo, Ricardo (2004) a análise dos princípios fundamentais da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), de 1996, as Diretrizes Nacionais para formação de professores, não são para dizer aos professores como fazer, mas para convidá-los a reorientar, se necessário, suas práticas de sala de aula de acordo com as necessidades de sua comunidade escolar (RICARDO, 2004, p.2). Não é uma questão de aplicar a teoria à prática, mas para mudar a prática, pois se tomarmos a sala de aula como referência, verá que os professores acreditam que os alunos aprendam ciências pela repetição da lição, repetindo-a ponto a ponto. Para Bachelard (1996), os professores não consideram “[...] que o adolescente entra na aula [...] com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana” (Bachelard, 1996, p. 21-23).

Para a análise e reflexão do que vem sendo realizado na sala de aula em relação ao ensino de física, Ricardo (2004), enfatiza que não é apenas para aplicar teoria à prática, mas para mudar a prática. Ainda, defende que somente essa nova identidade dada ao ensino já seria o suficiente para exigir uma reorientação nas escolhas dos conteúdos e estratégias didáticas frequentemente adotadas nos eventos educativos estariam associadas a uma mobilização de recursos cognitivos, entre estes o conhecimento, em situações distintas daquelas às quais tais recursos foram trabalhados, para além da escola.

Sendo assim, é preciso que o ensino tenha objetivos mais precisos que o acúmulo de informações a serem, supostamente, utilizadas em etapas posteriores de estudo, não tem sentido um ensino preso unicamente nas expectativas somente do mundo do trabalho ou acadêmico, pode ser uma opção, mas não deve ser a única. Também, decidir pela preparação dos alunos para o trabalho deve fazê-lo a partir de uma visão clara do que se entende como trabalho, pois se entendê-lo em sua dimensão ontológica da *praxis* humana, na perspectiva de um humanismo contemporâneo e da emancipação do sujeito estamos no caminho da construção de cidadãos e uma sociedade melhor. Esta dimensão do trabalho nos remete à unidade entre teoria e a prática. Parece-nos que um não existe sem o outro, assim, a *práxis* possui um papel preponderante na formação geral e profissional dos alunos, ela potencializa a emancipação do sujeito, o qual mobiliza seus recursos cognitivos, para as mais diferentes situações, ultrapassando os limites escolares.

Parece-nos que os problemas relacionados ao ensino de ciências, no nosso caso o da Física, são de outra ordem, não envolve tão somente o domínio de Matemática pelos alunos, pois ao que nos parece o ensino de física encontra-se apoiado no acúmulo de pré-requisitos e apresenta situações excessivamente modelizadas e padronizadas, um ensino descontextualizado e fragmentado, com certeza este modelo teria pouco êxito na escola e no mundo contemporâneo.

Enquanto o ensino de física for simplesmente apoiado no acúmulo de conhecimento e que apresenta aos alunos situações excessivamente modelizadas e padronizadas teria pouco êxito, principalmente no momento em que sua pertinência fosse colocada em jogo quanto sua utilização no contexto de cada estudante. Um ensino de física descontextualizado e fragmentado também parece sugerir pouco sucesso.

As reflexões apresentadas reforçam o convite aos professores e autoridades constituídas para repensarem os rumos do ensino, em especial o de física em todos os níveis. Esse repensar passa pela aquisição da autonomia dos entes envolvidos nesse ensino. Tal autonomia se dará no momento em que negarmos, recusarmos, qualquer modelo fechado e imposto.

Concluindo, Ricardo (2004) comenta, que o desenvolvimento da autonomia intelectual, e do pensamento crítico no educando também são

finalidades do ensino, conforme o Art. 35 da LDB/96. Desse modo, seria fundamental que o professor se apresentasse aos estudantes questionando suas verdades e os convidasse a fazer o mesmo; que o aluno se questione o que ele é hoje, nesse momento histórico e por que assume certos conceitos como verdade.

Por isso, para averiguar a evolução das ideias da física, foram necessárias fazer a ponte entre o que os alunos já haviam estudado até aquele momento e também questionados sobre conceitos que estudarão na sua graduação, com o intuito de analisar, através de pré-teste, a identificação dos subsunçores¹.

Esses como sendo aportes necessários para a aprendizagem significativa. Diante das análises tecidas até aqui percebemos a importância dos documentos oficiais, que não é foco da pesquisa e que há um alinhamento entre as diferentes propostas, como se houvesse um encadeamento de ideias e uma unicidade do fazer ciência, mas ao olharmos mais detalhadamente o processo pelo qual estes documentos forma elaborados, concordaremos com Fracalanza (1992, p. 116-118) que existe dois níveis distintos em sua elaboração: Nível de Propósito e Nível de Fato.

Assim, o nível de propósito ocorre nas instituições elaboradoras das propostas oficiais, como as universidades, MEC, secretarias estaduais e municipais de ensino, e o nível de fato, onde as propostas são executadas, nas unidades escolares. Desta maneira, mesmo sendo propostas oficiais não existe a obrigatoriedade de implantá-las e mesmo que houvesse haveria uma dificuldade real, a de transpor a distância que existe entre estes dois níveis, o que dá de alguma maneira autonomia à unidade escolar em sua implantação. Para Barreto (1998),

Tal autonomia é exercida na prática, mais em virtude de um largo distanciamento entre as prescrições escritas e as escolas, do que de uma deliberação expressa dos estabelecimentos de ensino e do seu corpo docente, visto que a maioria dos professores sequer chega a tomar contato direto com as propostas (BARRETO, 1998, p. 6).

¹ Segundo David Ausubel, subsunçor são os conceitos específicos que ancoram novos conhecimentos a ele relacionado. São conhecimentos estruturados e hierarquizados na estrutura cognitiva do aprendiz.

Podemos observar, pela afirmação de Barreto (1998) que realmente a tão propalada autonomia é extremamente limitada.

Para Carvalho e Vannucchi (1990), existem forças inovadoras que influenciaram o currículo de Física, mostrando as tendências por que passaram a pesquisa e o ensino de Física, procurando verificar a gênese de sua influência na realidade efetiva da sala de aula. Para os autores,

Na verdade, estudar o currículo nunca é estudar a realidade escolar, pois como mostra Coll (1986), podemos definir currículo como sendo um "documento" que se situa entre a declaração de princípios gerais e sua tradução operacional, entre a teoria educativa e a prática pedagógica, entre o planejamento e a ação e entre o que se prescreve e o que sucede realmente na sala de aula. Portanto, procurando estudar as inovações curriculares para o ensino de física, vamos buscar referências nestes dois níveis: o nível das ideias, dos princípios gerais, da teoria educativa e o nível da tradução operacional, da prática pedagógica, da ação em sala de aula (CARVALHO e VANNUCCHI, 1996, p. 3).

De alguma maneira, as proposições do nível de propósito consideram as tendências do ensino e da pesquisa para o ensino de ciências, adotando seus princípios metodológicos: cotidiano como ponto de partida; partindo do conhecimento prévio do aluno (no sentido ausubeliano); considerar o contexto histórico-cultural; a natureza como laboratório; metodologia ativa; interdisciplinaridade e a visão globalizante da ciência.

1.2. Ensino de Física: o que nos dizem os especialistas

Desde 1990, Neto (1990) destaca a dura realidade do ensino no Brasil, sendo que no caso do ensino de ciências e, mais particularmente, de Física, são diversas as questões inerentes a essa realidade, a qual abrange aspectos relacionados à metodologia do ensino, técnicas de ensino ou, mais propriamente dito, inerente ao processo de ensino-aprendizagem (NETO, 1990, p.2).

O período que vai do início da década de 60 ao fim da década de 90 do século XX é caracterizada por um ensino de Física calcado no

desenvolvimento, exclusivamente do método científico, assim predominava como objetivo, na década de 60 a proposição de que o aluno deveria vivenciar o método científico, na década de 70 era pensar logicamente e criticamente sobre o fazer da ciência e na década de 80 entendermos o desenvolvimento científico e tecnológico. De alguma maneira, esses objetivos vão interferir na metodologia do ensino de Física, sendo este caracterizado pelo predomínio de métodos expositivos, com ênfase na memorização e repetição mecânica de princípios, definições ou leis. A atenção voltava-se para a transmissão de um conteúdo sistematizado, pronto e imutável, sem a devida preocupação com o processo de obtenção do mesmo. Importava mais o rigor conceitual dos conteúdos transmitidos em um programa de ensino teórico de elevado padrão, com tendência marcante em garantir a atualidade dos conceitos estudados, na medida em que, se procurava adotar sempre a edição mais recente de livros didáticos de autores renomados (NETO, 1990, p.39-40). Ao que nos parece, o objetivo final estava restrito em preparar o indivíduo para o prosseguimento dos estudos em nível superior, tornando o ensino médio, já acadêmico, ainda mais distanciado da realidade do educando e de sua formação integral.

Krasilchik (1996, p.136) destaca que no início da década de 90 do século XX o objetivo para o ensino de ciências e conseqüentemente para o ensino de Física volta-se para o estudo da Ciência, Tecnologia e Sociedade, tomando como referência o construtivismo pós-piagetiano e a perspectiva sócio-cultural, começa por mudar o currículo da Física com as tentativas de inserir a História e a Filosofia da Ciência, bem como, Física Moderna no ensino de Física, o que nos indica um período de renovação do ensino de ciências.

Para Kawamura e Hosoume (2003), o ensino de Física vem sofrendo mudanças significativas nos últimos anos, o que pode ser constatado nas propostas educacionais com a introdução de um novo vocabulário como contextualização, interdisciplinaridade, competências e habilidades. Frisam, ainda que a implantação de novas diretrizes, ou seja, sua tradução em práticas escolares concretas, não ocorrerá por decreto e nem de forma direta. Mas sim, do trabalho de incontáveis professores, em suas salas de aulas, nas mais diversas realidades. Depende também, de um processo contínuo de discussão,

investigação e atuação, necessariamente permeado de diálogo constante entre os envolvidos, pois a sala de aula não é o único espaço de aprendizagem.

Portanto, a preocupação com o ensino de Física torna-se cada dia mais evidente, à medida que a observação empírica da escola e a atuação dos seus professores demonstram que a prática docente, paralelamente ao conhecimento teórico, incorpora os saberes advindos da vivência dos professores e dos alunos. As questões que direcionam a prática docente consistem em saber por que ensinar e o que ensinar, questões que envolvem concepções de natureza ideológica que permeiam o fazer da escola e do professor, e por outro lado o como ensinar relaciona-se com as concepções e ações metodológicas do professor. (HEINECK, 1999, p.228).

No Editorial da RBEF (2005), especialistas chegaram ao consenso quanto ao Ensino de Física no Brasil, quer na formação inicial quanto na continuada. Existe um “déficit de professores em quantidade e qualidade o que vem refletir diretamente na qualidade do ensino nas escolas de educação básica”. (RBEF, 2005, p.311-312). Além deste déficit, destaca-se que a seleção de conteúdos a serem ensinados no Ensino Médio encontra-se maculado pelo livro didático, tanto que, Rosa e Rosa (2005, p.2) destacam que há uma “[...] tendência em direcionar o ensino de Física à resolução de problemas recheados de cálculos, fortemente influenciados pelo uso do livro didático [...]”, essa ideia é referendada pelos trabalhos de Neto e Pacheco (1990), Nardi (1998) e Souza (2002), que afirmam que o livro didático ao assumir esta tendência de preparar para o vestibular acaba por firmar a memorização e a solução algébrica, conseqüentemente, que a Física é uma Ciência acabada.

1.3. A formação do Bacharel e/ou Licenciado em Biologia da UNEMAT: o papel da Física na formação

Analisaremos o Curso de licenciatura de Biologia da UNEMAT/Campus Universitário de Cáceres, tomando como base o trabalho de Campos (2013). O curso de biologia é oriundo de um curso de Licenciatura Curta em Ciências e Matemática, sendo que a primeira turma se iniciou no ano de 1990/2. O objetivo deste curso é o de realizar estudos na área de atuação

das Ciências Biológicas, principalmente em relação à Licenciatura, através da pesquisa de extensão científica, o apoio aos órgãos Federais, Estaduais, Municipais e Empresas Particulares, através da ação de seu corpo Docente e Discente, visando consolidar a sensibilização coletiva para a importância econômica e social de atividades ordenadas de valorização dos recursos e valores naturais que, devem ser estudadas, conservadas e preservadas como patrimônio da humanidade (CAMPOS, 2013, p.111).

Destacam-se, também, as ações na área da pesquisa e da extensão que o curso se propõe como

Implementar ações de pesquisa, de extensão, estudos, experimentos e de produções, na medida do possível interdisciplinar, para a aquisição de conhecimento dos princípios e pressupostos da área das Ciências Biológicas, suas tecnologias, linguagens, códigos, abrindo, também, a possibilidade de ingresso em Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu*, e, [...] (UNEMAT, PPP DE BIOLOGIA, 2006, p.04).

Para tanto, o curso pretende formar um profissional que possua uma formação que privilegie o entendimento do processo histórico de construção do conhecimento na área das Ciências Biológicas, assumindo seu papel de Educador/Pesquisador responsável pela formação de cidadãos, que tenha uma visão crítica e das possibilidades presentes e futuras da profissão, tendo como referenciais os preceitos éticos e legais. Assim, o curso deverá capacitar o aluno para atuar em um mercado competitivo e em constante transformação, para que possa provocar impacto na vida social e econômica, através de ações baseadas na sustentabilidade ambiental (CAMPOS, 2013, p.112-113).

Esta proposta de formação do futuro biólogo/licenciado do curso de Biologia da UNEMAT aproxima-se das Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Biologia, tanto que, podemos destacar que eles formam uma unidade, formar um biólogo/licenciado que seja:

- a) Comprometido com os resultados de sua atuação, pautando sua conduta profissional por critérios humanísticos, compromisso com a cidadania, e rigor científico, bem como por referenciais éticos legais;
- b) Consciente de sua responsabilidade como educador, nos vários contextos de atuação profissional;

- c) Preparado para desenvolver ideias inovadoras e ações estratégicas, capazes de ampliar e aperfeiçoar sua área de atuação.

Dessa forma a primeira característica aponta para o comprometimento com os resultados da atuação do egresso, seja como bacharel ou licenciado. O formando deve ter uma conduta profissional dentro de um rigor científico nas suas ações de pesquisa e ensino, ter o compromisso com a cidadania, atitude ética e critérios humanísticos nas suas ações de pesquisador de biologia ou como futuro professor de biologia. O segundo perfil, nos fala da consciência que o educador deve ter diante da sua responsabilidade na educação, na sua atuação profissional como professor de biologia e, o terceiro perfil esclarece sobre a sua preparação para desenvolver ideias inovadoras e ações estratégicas, capazes de ampliar e aperfeiçoar sua área de atuação.

Diante desses fundamentos, a disciplina Física Aplicada a Biologia, insere-se nesse contexto de forma a atender a licenciatura e o bacharelado, sendo que na licenciatura deverá abranger a formação de professores que atendam ao ensino fundamental e médio.

A Física é um conhecimento que permite elaborar modelos de evolução cósmica, investigar o mundo microscópico, estudar as partículas que compõem a matéria, ao mesmo tempo permite desenvolver novas fontes de energia e criar novos materiais, produtos e tecnologias.

Incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, esse conhecimento tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea. Dessa forma no Curso de Licenciatura em Biologia da UNEMAT, na disciplina de Física, vem contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao estudante a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza em transformação.

É essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e

procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional.

Ao propiciar esses conhecimentos, o aprendizado da física pode promover a articulação de toda uma visão de mundo, de uma compreensão dinâmica do universo, com possibilidade de transcender nossos limites temporais e espaciais. Assim, ao lado de um caráter prático, a Física revela também uma dimensão filosófica, cuja beleza e importância não devem ser subestimadas no processo educativo.

Assim, pensando na formação do Licenciado em Biologia, é buscar na própria Física seus métodos, princípios científicos e teorias para o estudo da Biologia, contribuindo na ampliação da visão de ciências dos futuros profissionais e, também, ao mesmo tempo, colocar a Física em diálogo com a Biologia, para que seus conceitos sobre os organismos vivos sejam explicitados sob diferentes olhares, bem como, a própria concepção do que venha ser vida.

Por ter esta característica, a Física pode ser aplicada ao estudo dos seres vivos em diferentes áreas do conhecimento, como por exemplo, na Medicina, Biomedicina, Educação Física, Fisioterapia, entre outras. Assim, ao ter contato com a Biofísica o estudante terá contato com a eletricidade, eletromagnetismo, mecânica, e física nuclear, conceitos que os ajudarão a explicar vários fenômenos biológicos, ao estudar óptica podemos entender o funcionamento da visão dos mais diferentes seres vivos, em acústica, como se dá o processo de propagação do som e sua recepção, sendo que neste estudo foi possível ao homem criar aparelhos auditivos que amenizasse deficiências da audição. Esta importância da Física na formação dos conceitos biológicos acaba por formar conceitos interdisciplinares, como por exemplo, o conceito de entropia, tanto que se olharmos a partir deste conceito para a vida, poderia afirmar que a diferenciação das espécies é fruto de um processo da ordem pela desordem e que a perpetuação de uma determinada espécie é dada da ordem pela ordem.

De alguma forma a Física passou a ser uma ciência constitutiva do conhecimento biológico. Existe entre elas um processo de retroalimentação, faz parte da biologia, discutir a vida, a física se torna um instrumento que ajuda explicitar melhor estes conceitos, ajudando-nos a compreender melhor os

processos de organização da vida, criando-se interface de conhecimentos entre essas duas áreas e também gerando novos campos de pesquisas.

Desta maneira alguns conceitos biológicos não seriam claramente explicitados sem o amparo da Física e vice-versa, então quando se fala em fluxo de matéria, não é possível explicitá-lo em todas suas dimensões se não o olharmos sob o aspecto do fluxo de energia. Se para os biólogos os seres vivos são capazes de se manter no seu meio ambiente e de se reproduzir-se é com sua interface com a Física que será possível entender os processos inerentes a conservação da energia e de sua transferência. Neste sentido, a Física Aplicada a Biologia tem o objetivo de proporcionar ao aluno condições para revisar, os conceitos fundamentais da Física nas áreas da mecânica, termodinâmica, fluidos, ótica e radiação que sirvam de base para a área da Biologia, estabelecendo a interdisciplinaridade entre elas.

1.4. O Ensino de Física no Ensino Médio: o caso da Termodinâmica

O ensino de física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e os professores acabam por apresentar a Física como um conhecimento pronto e um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver.

É preciso rediscutir qual a Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Sabemos todos que, para tanto, não existem receitas prontas que garantam o sucesso, não se trata de elaborar novas listas de tópicos de conteúdos, mas de dar ao ensino de Física, novas dimensões. Isso significa promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada estudante.

O saber assim adquirido reveste-se de uma universalidade maior que no âmbito local, de tal forma que passa a ser instrumento para outras e diferentes investigações. Essas duas dimensões, universal e local, de certa forma constituem-se em um ciclo dinâmico, na medida em que novos saberes

que podem levar a novas compreensões do mundo e à colocação de novos problemas. Portanto, o conhecimento da Física “em si mesmo” não basta como objetivo, mas deve ser entendido como um meio, um instrumento para a compreensão do mundo, podendo ser prático, mas permitindo ultrapassar o interesse imediato, permitindo o desenvolvimento autônomo do indivíduo.

Levando-se em conta o momento de transformações em que vivemos, promover a autonomia para aprender deve ser preocupação central, já que o saber de futuras profissões pode ainda estar em gestação, devendo buscar-se competências que possibilitem a independência de ação e aprendizagem futura.

Assim, ao propormos uma retrospectiva do ensino de termodinâmica, buscamos olhar como os pesquisadores analisam esta prática e quais as tendências atuais. Para Santos (2009, p.21) o seu primeiro contato “[...] com o conceito de entropia foi na universidade e que a lembrança mais forte é de não ter entendido bem o significado daquela equação”. Compartilho com Santos essa mesma referência e vou além, pois somente fui ter contato com o conceito de entropia no exercício da docência. Com esta preocupação em mente e pela falta de uma explicação histórica e epistemológica do conceito de entropia, Santos (2009) buscou outros autores para amenizar suas dúvidas e descobriu que há aspectos didáticos inerentes ao conceito de entropia, como por exemplo:

A conexão entre a 2ª lei e a irreversibilidade é um dos problemas mais profundos da Física (NUSSENZVEIG, 1981, p. 252).

A entropia é o assunto mais temido na química universitária básica – por estudantes – devido a sua complexidade, porque os estudantes falham em entender seus princípios básicos (LAMBERT, 2006, p. 13).

Essas dificuldades parecem residir na falta de correspondência entre o modelo macroscópico das leis da termodinâmica, (relações de energia que empregam grandezas fenomenológicas) e o modelo cinético molecular da matéria. Ambos, modelos teóricos, um macroscópico e o outro microscópico se apresentam habitualmente na sala de aula, de modo que esta falta de conexão seria em parte proveniente do ensino (ZAMORANO, et al, 2006, p. 392).

De todos os conceitos difíceis da Física Clássica - aceleração, energia, campo elétrico, - o mais difícil é entropia. Até mesmo Von

Neumann afirmou que “ninguém realmente sabe o que é entropia” (STYER, 2000, p.1090).

(SANTOS, 2009, p. 24).

A pesquisa realizada por Castro e Ferracioli (2001) sobre a segunda lei da termodinâmica envolvendo professores do ensino médio, mostrou que eles não dominam a lei e muito menos os conceitos correlatos, logo não ensinam Termodinâmica para os alunos do ensino médio. Tentando fazer com que os alunos de ensino médio tenham uma aprendizagem mais significativa, Covolan e Silva (2005) tentaram subsidiar o trabalho docente propondo algumas atividades através de minicursos que tinham como ponto de partida as ideias prévias dos alunos acerca dos conteúdos de termodinâmica envolvendo os processos espontâneos, irreversibilidade e entropia. Todo o trabalho de Covolan e Silva (2005, p.98) foi centrado em uma abordagem construtivista e na evolução das ideias das ciências, mas mesmo partindo das ideias prévias dos alunos, ao término do trabalho, em um pós-teste, constatou que eles continuavam confundindo temperatura e calor, bem como, que eles não conseguiriam uma definição clara sobre a 2ª lei da termodinâmica.

Ensinar conceitos de termodinâmica não é trivial, principalmente os relativos à segunda lei da termodinâmica, é o que afirmam também Monteiro e Germano (2009). Na visão destes autores, essa dificuldade deve-se a certa raridade de propostas para a abordagem deste conceito em sala de aula. Para os autores, a saída seria a realização de atividades experimentais, em que os alunos participassem da montagem e execução de experimentos de baixo custo para oportunizar a discussão desta lei, bem como, do conceito de entropia.

Portanto, a literatura pertinente vem mostrando o quão é complexo a construção dos conceitos relativos a entropia a ponto de sugerirem estratégias especiais para seu ensino.

2. A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

2.1. A Teoria de Aprendizagem Significativa e os Mapas Conceituais

O conceito central da teoria de Ausubel (1918-2008) é o da aprendizagem significativa, assim, ela é uma proposição de cognitivismo que reconhece a importância dos subsunçores na assimilação de conceitos novos. Segundo ele, para que se tenha aprendizagem é necessária uma nova organização e integração do conhecimento na estrutura cognitiva do educando. Essa estrutura cognitiva é entendida por ele, como o conteúdo total de ideias de um indivíduo e sua organização, ou o conteúdo e organização de suas ideias em uma área particular do conhecimento. Assim, a aprendizagem ocorre por um processo no qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento já existente, definida por Ausubel como subsunçor. Desta maneira, podemos definir que um subsunçor é o conhecimento prévio do aluno, é existente em sua existente estrutura cognitiva. Portanto, segundo Moreira (1999) a estrutura cognitiva está ligada a uma estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo, e que em Física, por exemplo, se os conceitos de força e campo já existem na estrutura cognitiva do aluno, eles servirão de subsunçores para novas informações sobre esses conceitos (MOREIRA, 1999, p.151).

Para Ostermann e Cavalcanti (2010) a teoria de Ausubel esteve sempre voltada para a aprendizagem, como ela ocorre na sala de aula, no dia-a-dia da grande maioria das escolas, devemos estar atentos em mapear se há na estrutura cognitiva dos alunos os subsunçores adequados. Assim, Moreira (1999), afirma que o professor tem quatro etapas fundamentais para desenvolver uma aprendizagem que seja significativa:

- i) definir a estrutura conceitual do conteúdo, sua organização conceitual e princípios hierárquicos;
- ii) identificar quais os subsunçores relevantes para aprendizagem do conteúdo;

iii) diagnosticar os conceitos prévios que existem na estrutura cognitiva do aluno, logo quais os subsunçores que se encontram na sua estrutura cognitiva para auxiliá-lo na aprendizagem e;

iv) por último, a utilização de recursos e princípios que facilitem a assimilação da estrutura da matéria e uma nova organização da estrutura cognitiva dos alunos de acordo com área de conhecimentos (MOREIRA, 1999), p.160-161).

Assim, do ponto de vista ausubeliano, Moreira (1999) enfatiza que há duas maneiras de se influenciar a estrutura cognitiva do educando:

i) substantivamente pela apresentação ao aprendiz dos conceitos e princípios unificadores e inclusivos de um determinado conteúdo e;

ii) programaticamente, pela utilização de métodos adequados para apresentar o conteúdo, quer enquanto uma estrutura organizacional ou sequencial de conteúdos (MOREIRA, 1999), p.160-161).

Assim, todo conteúdo para Ausubel terá necessariamente uma

[...] diferenciação progressiva [...] como um princípio programático da matéria de ensino, segundo o qual as ideias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhes e especificidade. [e uma] reconciliação integrativa, [...] a instrução deve [...] explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes (MOREIRA, 1999, p.159).

Assim para Ausubel (apud MOREIRA, 1999, p.161) compreender um conceito implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis e que ao testar a compreensão conceitual dos alunos, podemos detectar que houve uma mudança na estrutura cognitiva do educando. Assim, a importância dos pré-testes como uma das maneiras de se mapear os conhecimentos prévios dos alunos, ou seja, quais os subsunçores disponíveis para ensinar determinado conteúdo – e dos Mapas Conceituais – que possibilitam observar a nova estrutura conceitual dos alunos após a o término do trabalho.

Neste sentido, Novak (1984) realizou diversas pesquisas na sala de aula para colocar a prova a Teoria da Aprendizagem de Ausubel, tanto que

“[...] Durante os últimos cinco anos, o nosso trabalho tem-se orientado cada vez mais para o desenvolvimento de uma teoria que ajude a conceber melhores atividades de ensino e aprendizagem. **A construção de mapas conceituais**, como a descreveremos, é um resultado deste trabalho. Todas as teorias viáveis mudam ao longo do tempo e finalmente podem vir a ser abandonada, mas nós acreditamos que a teoria da aprendizagem cognitiva de Ausubel oferece um sólido fundamento intelectual para a criação de situações novas no ensino e aprendizagem escolares que nos poderão conduzir, nas próximas décadas, a melhores práticas educacionais” **[grifo nosso]** (Novak, 1984, p.11).

Assim, podemos destacar a importância dos Mapas Conceituais (MC's), mesmo passado três décadas as pesquisas envolvendo este instrumento, ele continua ainda em voga, pois os MC's, segundo Novak, servem como uma ferramenta para o ensino, avaliação e análise de conteúdo e, a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa, temos fundamentos necessários e suficientes para a criação de situações novas no ensino e para analisar como o educando reorganizou sua estrutura cognitiva.

Neste sentido, Novak elenca três pontos comuns para à produção de mapas conceituais:

- a primeira é que a melhor forma de facilitar a aprendizagem significativa dos estudantes é ajudá-los explicitamente a verem a natureza e o papel dos conceitos, bem como as relações entre o conceitos, tal como existem na sua mente e como existem “lá fora”, no mundo ou em instruções escritas ou orais;
- a segunda é propor procedimentos que ajudarão os estudantes a extrair conceitos específicos (palavras) de material escrito ou oral e a identificar relações entre conceitos. Para isso, é necessário isolar **conceitos e palavras de ligação**, e reconhecer que embora ambos sejam importantes unidades de linguagem, eles desempenham papéis diferentes na transmissão do significado;
- a terceira ideia importante que nós queremos transmitir é a de que os mapas conceituais apresentam um meio de visualizar conceitos e as relações hierárquicas entre eles (Novak, 1984, pp. 40-44).

Como sucede com qualquer outro ato de ensino, não há nenhum modo ótimo de introduzir os mapas conceituais, portanto buscamos em Novak (1984), quando nos esclarece que a memorização mecânica permanece a forma dominante de aprendizagem em muitas salas de aula, mas que há um reconhecimento crescente de que a finalidade central da educação deve ser valorizar as pessoas no sentido de se encarregarem elas próprias da construção de significados das experiências que vivem (NOVAK, 1984, p.10), reforçando a imperiosidade que cada sujeito aprenda a aprender significativamente, e uma das possíveis maneiras para que isso ocorra é o uso mapa conceitual para ensinar.

Podemos observar em diferentes trabalhos, como por exemplo, Almeida e Moreira (2008), Souza e Boruchovitch (2010), e Machado e Machado (2012), que há uma tendência de utilizar os mapas conceituais (MC) como instrumento de ensino e aprendizagem, bem como, para processos avaliativos. Souza e Boruchovitch (2010) utilizam do MC como um instrumento avaliativo, dizendo que os MC's oferecem muito mais elementos que os processos avaliativos que utilizam questões objetivas, pois o mapa conceitual propiciou às alunas a “[...] organizar os conhecimentos, focar o essencial, privilegiar conceitos-chaves, hierarquizar ideias, estabelecer relações, sedimentar e integrar conteúdos, favorecer a negociação de significados e possibilitar a síntese-análise-síntese” (SOUZA E BORUCHOVITCH, 2010, p. 177).

Por se constituir em uma estratégia pedagógica para o ensino, Junior (2013) destaca a importância dos MC para a construção de conceitos científicos, pois eles ajudam a integrar e relacionar as informações ao atribuir significado ao que estão estudando. Assim, o autor utiliza-se de MC para ensinar Biologia Molecular à discentes do ensino superior, ressaltando que encontrou certa dificuldade, pois os docentes que atuam em bacharelados não tiveram formação pedagógica na graduação e desconhecem teorias e práticas pedagógicas que possam subsidiar o processo ensino-aprendizagem. O autor explica que com a construção dos mapas, o envolvimento dos alunos foi intenso, com troca de ideias sobre como começar a construção e como seria a estruturação do mapa, portanto, nesse processo, o professor, é o agente mediador do trabalho,

acompanhando cada grupo na construção e discussão do texto, no que tange aos conceitos relevantes para a estruturação do mapa.

Em outra linha de trabalho, Wendt e Schroeder (2010) construíram MC sobre a “Biodiversidade animal da Floresta Atlântica” com alunos do sétimo ano do Ensino Fundamental, utilizando na construção dos MC o software Cmap Tools/versão 5.03. Os autores compreenderam a necessidade de aprofundar questões relacionadas às tecnologias educacionais com a tecnologia da informação e suas relações com os processos de ensinar e aprender para verificar as contribuições que estas construções podem vir a oferecer na compreensão e aprendizagem conceitual dos estudantes, sendo que o mapa abaixo foi construído pelos alunos do sétimo ano:

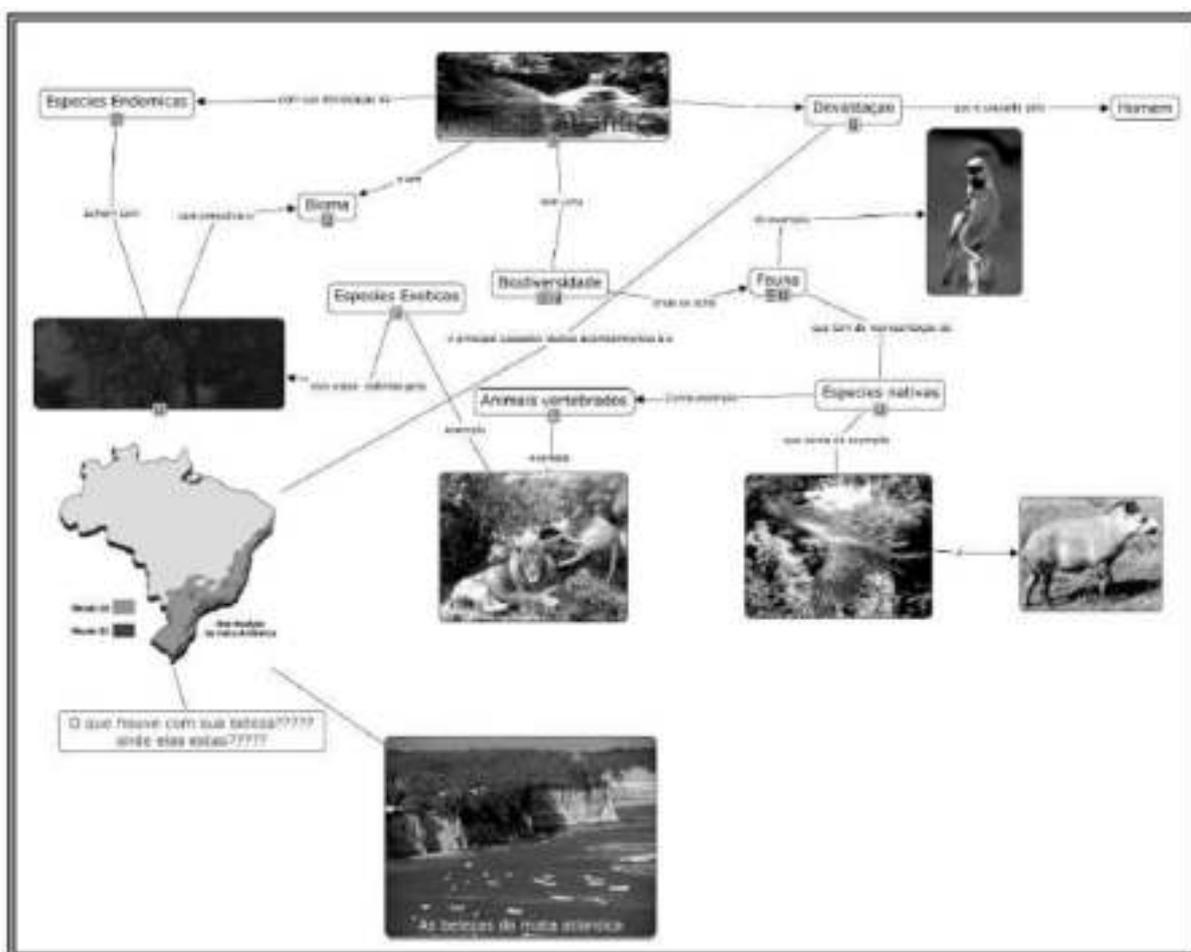


Figura 01: Mapa conceitual sobre a “Biodiversidade animal da Floresta Atlântica” (Wendt e Schroeder, 2010, p.81)

Se prestarmos a atenção a este MC, vemos que foi possibilitado aos alunos do sétimo ano do Ensino Fundamental produzir um mapa que representasse a sua aprendizagem, assim ele passou a ser constitutivo da sua estrutura cognitiva, assim pode ser considerado um instrumento facilitador da aprendizagem significativa. Essa afirmação se prende ao fato de os alunos conseguiram hierarquizaras diferentes relações conceituais, usando palavras de ligações que foram adequadas às relações hierárquicas dos conceitos. Este MC reflete a proposição de Novak (1984), como um instrumento para o ensino e para aprendizagem e para a avaliação.

Almeida e Moreira (2008) em uma investigação, também analisaram como os MC podem ser um instrumento facilitador da aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos no estudo da óptica física, bem como, para analisar as principais dificuldades dos alunos na compreensão dos efeitos relativos ao comportamento da luz e os respectivos conceitos. Assim, os autores afirmam que os MC podem ser usados como instrumentos de ensino e/ou aprendizagem, assim como instrumentos de avaliação e organização/consecução curricular, porém em cada uma dessas aplicações os mapas conceituais sempre podem ser interpretados como instrumentos para negociação de significados. Os MC produzidos pelos estudantes em grupos ou individualmente foram sobre as aulas ministradas nas semanas anteriores e eles eram apresentados pelos estudantes em uma aula seguinte, sendo objetos de discussão, momento no qual as relações e os conceitos apresentados eram discutidos, pois para os autores era o momento de evidenciar qual era a nova estrutura cognitiva dos alunos, evidenciando de como eles organizavam o conhecimento sem uma intervenção direta do docente.

Com base nesta pesquisa os autores criaram uma categorização para avaliar os MC produzidos pelos estudantes, da seguinte forma: A – Mapas conceituais com várias relações de significados e conectores identificados. Essa categoria reúne os mapas conceituais bem estruturados, ou seja, os que relacionam adequadamente a maioria dos conceitos, e inclui duas subcategorias: “A.a”, que se refere aos mapas com todos os conectores identificados, indicando as relações entre os conceitos, e “A.b” que se refere aos mapas que somente são representados alguns conectores identificados. B –

Mapas conceituais com várias relações de significados sem identificação nos conectores. A categoria “B” refere-se aos mapas com boa estrutura conceitual, mas sem identificação nos conectores. C – Mapas conceituais superficiais é a categoria que reúne os mapas conceituais pouco elaborados, de estrutura muito simples e pouco representativa (ALMEIDA e MOREIRA, 2008, p. 4403-7).

2.2. A Produção de um Mapa Conceitual para a Termodinâmica

Como pudemos observar diferentes autores trabalham com Mapas Conceituais em suas pesquisas e/ou no ensino de Física, entre eles podemos destacar o MC produzido por Moreira (2006, p.27) envolvendo análise do conteúdo relativo ao estudo dos fenômenos térmicos, figura 02.

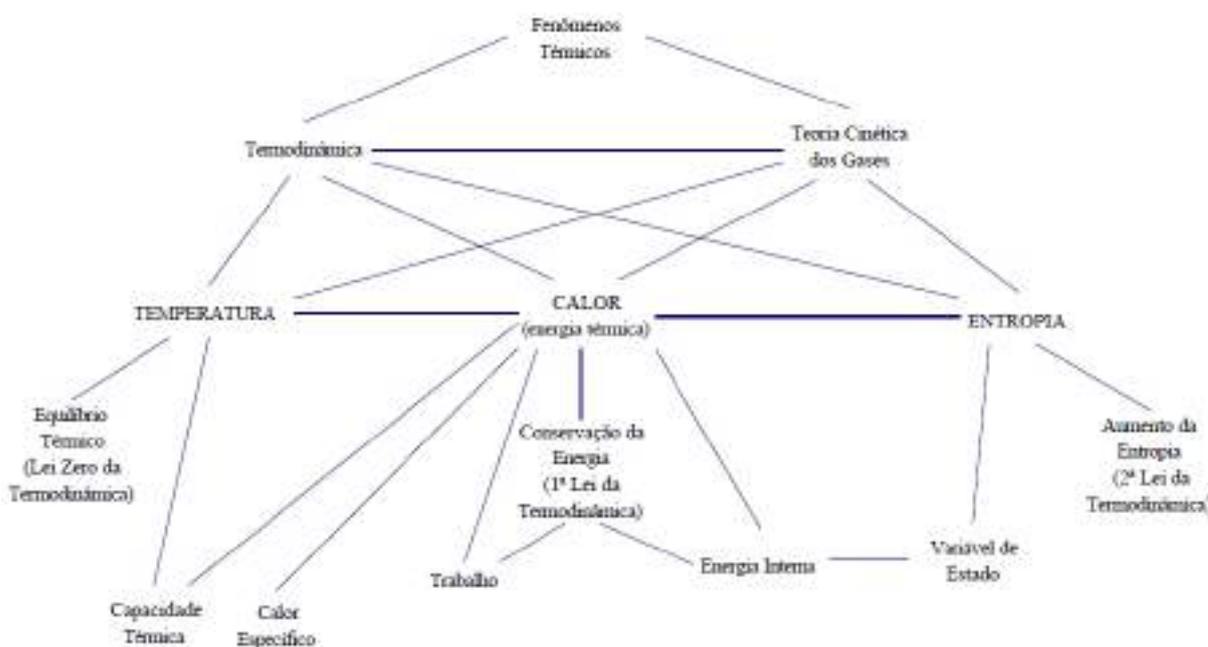


Figura 02: Mapeamento do conteúdo referente a fenômenos térmicos (Moreira, 2006, p.27)

O que notamos no MC da fig. 2 é o aparecimento de duas visões no estudo dos fenômenos térmicos, uma visão Macro, que denomina de Termodinâmica e estudo Micro, que nomeia de Teoria Cinética dos Gases. Talvez a ligação mais forte entre as duas interpretações seja a Entropia. Poderíamos tomar o MC de Moreira (2006) como um elemento avaliativo dos

Mapas conceituais dos educandos, mas ao longo de nossa pesquisa, optamos por trabalhar os conceitos que explicam os fenômenos térmicos sob o aspecto Macro, acreditando que esta estrutura servirá para avaliar os MC dos educandos. A avaliação é objetiva, temos que ter em mãos elementos objetivos para avaliar o que ficou incorporado na estrutura cognitiva dos educandos, assim nosso ponto de partida foi à produção de um referente para avaliar os MC produzidos pelos pesquisados, para tanto, elaboramos um mapa conceitual referencial em que buscávamos entender as respostas dos mesmos quanto aos fenômenos térmicos.

Assim, para observar a evolução dos conceitos e contar com elementos objetivos para avaliar os MC dos pesquisados achamos necessário ampliar e detalhar um pouco mais o mapa. Tal detalhamento visa explicitar melhor os fenômenos térmicos, com intuito de facilitar sua aprendizagem.



Figura 03: MC 1 – Estrutura organizacional da Física Térmica (fonte: o autor)

A fig. 3 mostra um mapa que detalha duas possibilidades, de explicar os fenômenos térmicos, ou seja, nos aspectos macroscópicos e microscópicos. O aspecto macro estuda os fenômenos térmicos sob os aspectos qualitativo do

evento e o micro a partir da probabilidade que um evento ocorra, logo um estudo estatístico do comportamento de sistemas térmicos. Enquanto que no estudo macro envolve os conceitos de calor, temperatura, pressão e volume, enquanto que no estudo micro envolve o comportamento das moléculas em um sistema, estudo este, denominado de Teoria Cinética dos Gases. Mas isto não é suficiente para garantir a assimilação desses conceitos uma vez que ainda não explicita, com precisão a complexa teia que envolve as similaridades e diferenças, bem como as confusões que pairam entre temperatura e calor, tanto por alunos do ensino médio quanto do ensino superior. Assim, é necessário diferenciá-los conceitualmente para que possamos hierarquizar os conceitos para facilitar o estudo das leis da termodinâmica e, ao mesmo tempo, o conceito de Entropia.

O MC1 (fig. 4) envolve o ensino e a aprendizagem dos conceitos de Temperatura e Calor e se os respectivos conceitos são independentes ou não.

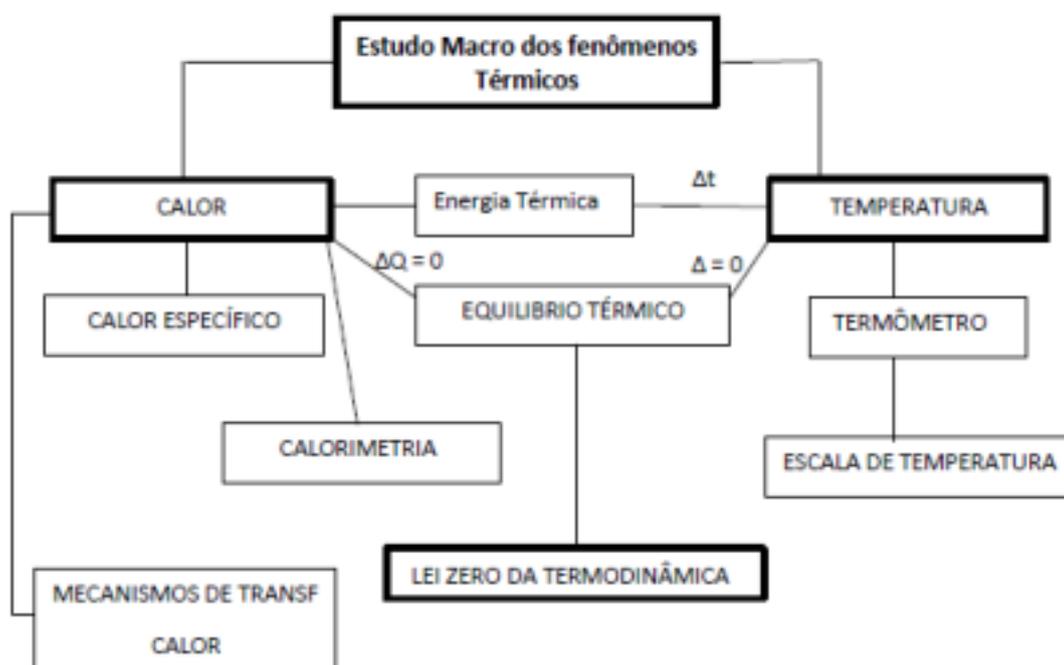


Figura 04: MC2 – Estrutura organizacional dos conceitos de Calor e Temperatura (fonte: o autor).

O MC2 (fig. 4) nos informa que temperatura e calor não são os mesmos conceitos, embora os dois estejam interligados no entendimento dos fenômenos térmicos, por exemplo, o conceito de temperatura, segundo muitos

autores, é apresentado como o estado de agitação térmica de um corpo e calor como uma energia em trânsito. Para que exista esta transferência de calor é necessário que haja diferença de temperatura entre dois ou mais corpos, assim, o equilíbrio térmico somente ocorre quando não há mais transferência de calor entre dois corpos, fazendo com que eles atinjam a mesma temperatura, então a Lei Zero da Termodinâmica é a lei que rege o equilíbrio térmico.

Como o calor é energia transferida devido a diferença de temperatura entre corpos, significa que a quantidade que informa quão quente ou frio é um objeto é em relação a algum padrão, o qual denominamos de temperatura, medida por um instrumento, denominado termômetro. Os termômetros, dependendo da utilização e país de origem, são graduados em diversas escalas (umas das escalas adotadas pelos cientistas é a escala Kelvin, por tomar como referencial inferior o Zero Absoluto como um estado em que o grau de agitação térmica das moléculas cessaria).

Se calor é energia térmica em trânsito ela deve necessariamente alterar algumas medidas de um sistema, provocando alterações em algumas grandezas físicas, no nosso estudo, grandezas macroscópicas, por outro lado, como a transferência de calor é energia em trânsito, logo há movimento (energia cinética), isto pode nos levar a inferir que o calor pode realizar trabalho, neste caso mecânico. Desta maneira devemos ampliar nosso olhar sobre a Física Térmica, hierarquizando cada vez mais os seus conceitos, para entender como esta energia em trânsito pode vir a realizar trabalho e ao mesmo tempo integrar os conceitos da Física Newtoniana de Conservação de Energia. O MC3 (fig. 5) explicita estas relações:

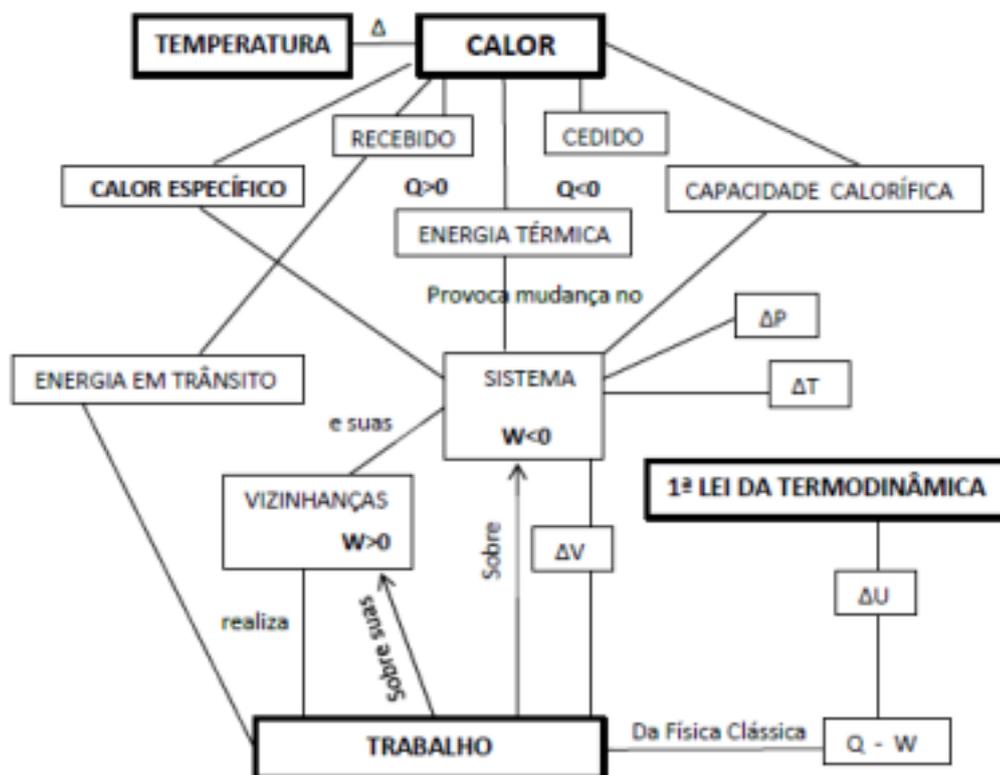


Figura 05: MC3– Estrutura organizacional dos conceitos da 1ª Lei da Termodinâmica (fonte: o autor).

A reafirmação de calor como energia térmica em movimento, pode nos levar a concluir que ela altera os sistemas, no nosso caso, nas grandezas macro (pressão, temperatura e volume). Ao variar o volume de um sistema, ocorre um deslocamento, por exemplo, de um êmbolo, logo o sistema realiza trabalho sobre um meio. De acordo com a Física Clássica, a diferença entre a energia de um sistema e o trabalho realizado pelo sistema, nos fornece a variação de energia do sistema, em outras palavras, podemos escrever que $\Delta U = Q - W$, onde, ΔU é a variação da energia do sistema, Q é quantidade de calor cedido ou recebido pelo sistema e W o trabalho realizado pelo sistema. Assim, fica definida a 1ª Lei da Termodinâmica, lei de conservação de energia de um sistema em que há o envolvimento de calor. Tal movimentação se dá espontaneamente do quente para o frio, além disso, fornece a teoria básica das máquinas térmicas, dos refrigeradores e das bombas de calor.

Por estar ainda no nível do entendimento clássico da Física, a 1ª Lei da Termodinâmica não estabelece, necessariamente, o caminho a ser percorrido pelo calor, apenas que flui, naturalmente, dos corpos mais quentes para os

corpos mais frios. Contudo, a 2ª Lei de Termodinâmica define a regra de transferência de funcionamento de um sistema, assim, no mapa abaixo vamos hierarquizar estes conceitos e a partir dele o conceito de Entropia, ampliando nosso entendimento da 2ª Leis da Termodinâmica (fig. 06).

A 2ª Lei da Termodinâmica é num primeiro momento, uma definição lógica do fluxo de energia, se tomar a definição de que o calor flui do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, estabelece-se que os processos termodinâmicos são irreversíveis. Tomando o Ciclo de Carnot como idealização de uma Máquina perfeita onde toda a energia fornecida ao sistema se transformaria em trabalho, teríamos uma máquina de rendimento igual a 1, ou seja, toda energia utilizada seria convertida em trabalho. A definição do conceito de Entropia amplia o entendimento da 2ª Lei da Termodinâmica, deixando de ser somente um aparato lógico para ter um tratamento matemático, ilustrado na fig. 6.

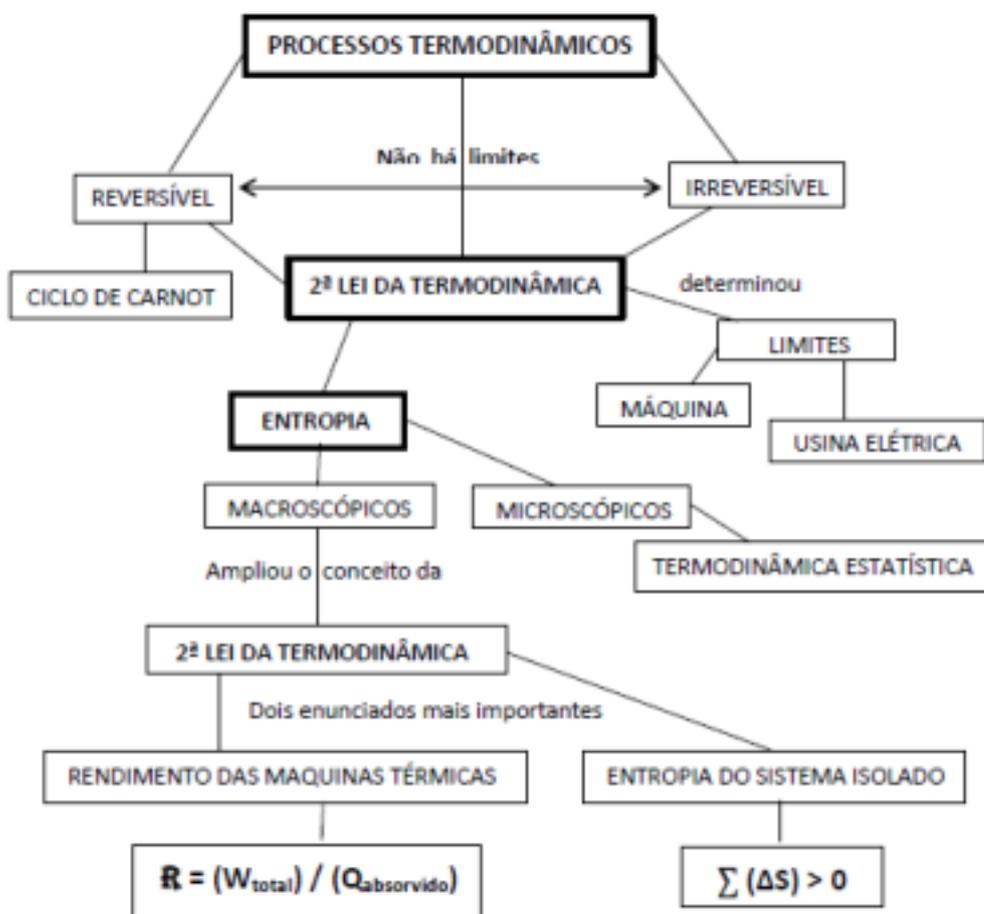


Figura 06: MC4 Estrutura organizacional dos Processos Termodinâmicos – 2ª Lei e Entropia (fonte: o autor).

Os Mapas Conceituais MC2, MC3 e MC4, foram sintetizados em um único mapa (fig. 6) que representa a estrutura organizacional da Física Térmica sob o olhar do comportamento macroscópico e eles nos servirão de análise dos mapas conceituais elaborados pelos educandos.

3. METODOLOGIA E SUJEITO DA PESQUISA

Neste capítulo, serão descritos os sujeitos da pesquisa, o local em que foi aplicada a ferramenta de ensino, o cronograma da pesquisa e das atividades realizadas em sala de aula, qual o objetivo do trabalho e os instrumentos de coleta de dados.

3.1 Pesquisa qualitativa: estudo de caso

Esta pesquisa se assenta no método qualitativo de investigação, o qual vem sendo cada vez mais utilizado nas pesquisas educacionais (BOGDAN apud RINALDI, 2002, p.218). A pesquisa qualitativa tem, no mínimo, cinco características metodológicas, as quais esta pesquisa atende:

1. A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento;
2. Os dados coletados são predominantemente descritivos;
3. A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto;
4. O 'significado' que as pessoas dão as coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador;
5. A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo.

Diante do exposto, destacamos que a primeira característica revela o processo a ser investigado, à segunda, enfatiza a descrição dos dados tanto pelos alunos na construção dos seus conceitos, bem como, do professor pesquisador no registro das informações. Já a terceira característica, fica por conta da preocupação com o processo de construção dos conceitos ao longo do processo da pesquisa, buscando analisar se houve aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados. A quarta característica, integrada a quinta, servirá para averiguar o significado que os alunos darão a cada um dos conceitos e como eles incorporaram novos conceitos em sua estrutura cognitiva.

Quanto à interpretação dos dados, mesmo tendo como balizamento os aportes teóricos, na pesquisa qualitativa vem carregada de teorias e pontos de vistas muito pessoais do pesquisador, uma vez que qualquer leitura conduz a interpretação e inferências (OAIGEN apud RINALDI, 2002, p. 221).

Para a interpretação e análise utilizaremos de alguns instrumentos que servirá para o levantamento de dados qualitativos sobre os conceitos da termodinâmica, para tanto, trabalharemos estes conceitos na disciplina de Física Aplicada às Ciências Biológicas de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade do Estado de Mato Grosso, curso descrito no item 1.3 do Capítulo 1. Entre estes instrumentos destacaremos a aplicação de Pré-teste e da elaboração de Mapas Conceituais ao longo da atividade da disciplina. De acordo com a teoria de Novak, buscaremos nestes Mapas Conceituais a integração de novos conceitos na estrutura cognitiva do educando, para tanto, ao analisar os mapas estaremos atentos se houve ao longo do processo uma

- a) Hierarquização dos conceitos;
- b) Diferenciação dos conceitos principais dos secundários – diferenciação progressiva;
- c) Integração dos conceitos a partir do conceito de entropia – reconciliação integradora.

Neste sentido, as atividades desenvolvidas durante as aulas da disciplina de Física Aplicada às Ciências Biológicas, no segundo semestre de 2014, se tornou o espaço da produção da pesquisa, o *locus* do ensino e da aprendizagem, o espaço da avaliação de uma atividade de ensino que tem como objetivo a aprendizagem significativa. Assim, esta pesquisa tem, ainda, um caráter de estudo de caso e ao mesmo tempo ela é participativa por interferir numa realidade de sala de aula. Tal afirmativa se consubstancia no fato de que os 27 discentes que compuseram a turma da disciplina no semestre 2014/1 era o universo e ao mesmo tempo a amostra da pesquisa, os quais puderam, ao longo da pesquisa, vivenciar uma prática de ensino assentada na construção de Mapas Conceituais.

Pensar os procedimentos metodológicos da pesquisa para a coleta de dados foi, ao mesmo tempo, pensar como o contexto da sala de aula é um

espaço ideal para a pesquisa sobre a aprendizagem, assim, os dados foram frutos do conteúdo ensinado, do como foi ensinado e do como foi avaliado a aprendizagem.

Para nós, para analisar a tríade 'Ato de ensinar', 'Contexto de sala de aula' e 'Avaliação' utilizamos dos mapas conceituais para negociar os diferentes significados que os educandos possuíam e que deveriam assimilar sobre física térmica. Para tanto, tomamos como ponto de partida os subsunçores dos alunos, mapeados, num primeiro momento num Pré-teste, para depois avaliar como a atividade de ensino/pesquisa oportunizou a inserção de novos conceitos em sua estrutura cognitiva.

Dentro desta tríade elaboramos uma estratégia para que a tomada de dados na sala de aula fosse fruto da aprendizagem dos alunos ao longo das atividades. Para isso tivemos como premissa que a avaliação poderia nos dar uma resposta objetiva sobre a aprendizagem, para tanto, tomamos os MC como uma ideia estrutural de como os educandos organizaram seus conhecimentos. Para que isso fosse possível avaliamos os MC construídos pelos alunos ao longo das atividades, em comparação com o mapa conceitual referencial (fig. 6) o que nos balizará sobre a evolução conceitual dos mesmos, na perspectiva da aprendizagem significativa.

3.2 As atividades e instrumentos de coleta de dados

As atividades foram realizadas no mês de setembro de 2014, e cada etapa teve duração de duas horas/aulas, segue abaixo o cronograma de desenvolvimento das etapas:

- Etapa 1– Realização do pré-teste (Anexo 1);
- Etapa 2– Estudo dirigido para construção do mapa conceitual;
- Etapa 3– Texto e interpretação – Apenas a “passagem de ida” ou o sentido do tempo (Anexo 2): Construção do Mapa Conceitual – MC1 (Anexo 3);
- Etapa 4– Calor e a 1ª Lei da Termodinâmica: Construção mapa conceitual – MC2 (Anexo 4);

- Etapa 5– Entropia e a 2ª Lei da Termodinâmica
- Etapa 5– Construção do mapa conceitual – MC3 (Anexo 5);

Desta maneira ao término das atividades, como dados temos os mapas (MC1, MC2 e MC3) elaborados pelos estudantes em três momentos, antes, no intermeio e no final das atividades de ensino, que foram avaliados tendo como referencial o mapa referência (fig. 6) na perspectiva da aprendizagem significativa de Ausubel. Além dos mapas elaborados pelos pesquisados contamos também com o Questionário (Pré-teste). Estes instrumentos foram utilizados ao longo das atividades de ensino.

O questionário foi a forma de buscar informações sobre a identificação dos alunos, da ferramenta de ensino (mapa conceitual) e do conhecimento dos alunos (subsunçores) sobre entropia. O pré-teste foi aplicado no início das atividades (Etapa 1), e foi dividido em três partes:

A – Identificação dos aprendizes;

B – Sobre a ferramenta de ensino: o mapa conceitual;

C – Sobre o conteúdo da física: entropia.

Os objetivos do pré-teste foram:

- Averiguar o gosto do aluno pela física e seu perfil;
- Identificar o conhecimento junto aos alunos sobre mapa conceitual;
- Verificar quais os conhecimentos prévios dos alunos sobre física térmica, ou seja, quais os subsunçores que estavam presentes.

Ao término das atividades tínhamos 27 Pré-testes e 81 Mapas Conceituais para analisar, com o objetivo de:

- Identificar os conhecimentos construídos pelos alunos ao longo da pesquisa;
- Avaliar a construção conceitual nas três etapas de construção dos mapas conceituais;
- Verificar qual a evolução do conhecimento sobre Entropia e suas relações com as leis da termodinâmica;

- Analisar se os alunos fizeram a conexão do estudo da entropia com a biologia.

Como elaborar um Mapa Conceitual foi apresentado aos alunos através de uma aula dialogada, subsidiando os mesmos para a construção do seu mapa conceitual com o objetivo de:

- Preparar os alunos na assimilação do que é mapa conceitual;
- Construir mapa conceitual seguindo as orientações de Novak;
- Orientar cada aluno no desenvolvimento do seu mapa conceitual;
- Identificar as dificuldades dos alunos diante a construção do seu mapa conceitual.

Esta atividade de empoderamento sobre Mapas Conceituais se deu ao longo das atividades que envolveram os conteúdos de Física Térmica, pois o Pré-teste mostrou que os alunos ainda não haviam tido oportunidade de aprender este conteúdo, quer por ele não ter sido ofertado e/ou por não terem sido assimilados em sua estrutura cognitiva. Apoiado em Almeida e Moreira (2008), foi possível elaborar um MC que representasse a estrutura organizacional dos conteúdos de Termodinâmica, envolvendo suas leis e os conceitos de processos reversíveis e irreversíveis, bem como, o de entropia. Este mapa passou então ser o referencial para avaliar os mapas conceituais elaborados pelos estudantes. Como a aprendizagem significativa é subjetiva, um ato idiossincrático e solitário individual, que depende do desenvolvimento cognitivo do aluno e a avaliação um ato objetivo, esta considera o que foi ensinado e como os sujeitos do conhecimento interpretam este ensino e reconstróem seus conhecimentos, ou seja, quais os elementos que foram incorporados em estrutura cognitiva a partir das negociações de significados que se deram no ato de ensinar e de aprender.

A partir dessa reflexão foi possível adaptarmos para esta dissertação o que Almeida e Moreira (2008), trazem como parâmetros para a avaliação dos mapas produzidos pelos pesquisados cujos critérios são possíveis de serem apresentados em três níveis. O primeiro nível mais elevado e completo que denominamos (C) — são mapas que apresentam várias relações de significados

e conectores identificados. Dentro desta categoria temos dois grupos, C1 e C2. Os mapas que forma classificados como C1 apresentam todos os conectores identificados, indicando as relações entre os conceitos, enquanto os mapas classificados como C2 somente apresentam alguns conectores identificados, mas sem relações entre conceitos. Em um segundo nível os mapas conceituais médios (M) são aqueles que apresentaram boa estrutura conceitual, mas sem identificação de conectores. E por último os – Mapas conceituais considerados fracos (F), estes são mapas conceituais superficiais, pouco elaborados, de estrutura bem simples.

3.3 Os sujeitos da pesquisa

Os sujeitos da pesquisa são alunos do curso de Licenciatura Plena e Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário 'Jane Vanini' do ano de 2014/2. Estavam matriculados na disciplina de Física Aplicada a Ciências Biológicas 33 alunos, mas compareceram para fazer a disciplina somente 31, os quais participaram da coleta inicial de dados.

No pré-teste foi possível identificar que a amostra é composta por: 01aluno do sexo masculino e 03 alunos do sexo feminino nascidos na década de 80, o aluno do sexo masculino fez o EJA na escola pública em 2004. Nascidos na década 90, foram vinte e sete (27), destes 09 do sexo masculino e 18 do sexo feminino, nesta faixa etária um aluno do sexo masculino fez o EJA.

Do total dos alunos pesquisados 67,7% são do sexo feminino e 32,3% do sexo masculino. Deste total 97% são oriundos da escola pública.

Dessa amostra constatamos que 05 alunos terminaram o Ensino Médio a mais de dez anos, os demais estão entre um e seis anos. Um dos pesquisados terminou os estudos do ensino médio há mais de 16 anos, portanto, podemos inferir que 81% dos alunos terminaram o ensino médio recentemente, ou seja, entre um e seis anos.

4. A EVOLUÇÃO CONCEITUAL DOS PESQUISANDOS

Neste capítulo discutiremos o pré-teste e os mapas conceituais elaborados pelos sujeitos da pesquisa, para que possamos mostrar o movimento da evolução conceitual dos alunos ao longo do desenvolvimento das atividades, trata-se de demonstrar como se deu este processo ao longo das construções dos três mapas conceituais, para tanto, vamos buscar como os alunos conseguiram hierarquizar, diferenciar e reconciliar os conceitos da termodinâmica.

Inicialmente a amostra era constituída por 31 alunos, mas no desenvolvimento das atividades houve desistência de 04 alunos, assim, toda a análise do pré-teste e dos mapas conceituais foi elaborada considerando os 27 alunos que efetivamente participaram de todas as etapas de trabalho.

Para verificar quais conhecimentos prévios (subsunçores) os alunos traziam em sua estrutura cognitiva, foi possível, no pré-teste, analisar até que ponto os conceitos estudados sobre Física Térmica haviam sido assimilados pelos mesmos, ou melhor, se houve no ensino médio o estudo desses conceitos. Em relação à Física Térmica, o pré-teste nos mostrou que os alunos estudaram os conceitos de temperatura, calor, efeitos de transferências de energia que envolvem mudanças de estado físico, dilatação térmica, estudo dos gases, transformações gasosas, leis da termodinâmica e máquinas térmicas. Mediante isso, pudemos perceber que mais de 50% estudaram os conceitos da Mecânica e apenas 07 alunos estudaram sobre termodinâmica, mas nenhum afirmou ou marcou se houve estudo sobre entropia.

Através do pré-teste também pudemos perceber que mais de 50% haviam estudado conceitos da Mecânica. Da amostra, apenas 07 estudaram sobre termodinâmica e nenhum afirmou ter estudado entropia.

As questões do item B buscou conhecer se os alunos sabiam sobre mapa conceitual, se em algum momento fizeram uso desta ferramenta. Para nossa surpresa 4 alunos responderam afirmativamente. Quanto ao uso de mapas conceituais em sala de aula 16 alunos afirmaram que seus professores não utilizaram esta ferramenta até então.

Com relação ao item C, 90% não responderam as questões dos itens C1 ao C8. Estas questões envolviam conteúdos da termodinâmica, principalmente, as definições da 1ª e 2ª Lei e Entropia, bem como, resolução de exercícios.

A maioria respondeu à questão C9. Esta questão envolvia os conceitos de energia, trabalho e calor. Em relação ao conceito de energia, 37,5% dos alunos responderam acertadamente e 62,5% equivocaram-se. Já, quanto ao conceito de trabalho, os percentuais não foram muito diferentes, 38,2% de acertos e 61,8%, assim como quanto ao conceito de calor, 36,3% das respostas corretas e 63,6% não acertaram.

O que se pode constatar com este Pré-teste é que conteúdos envolvendo Física Térmica, mesmo que tenha sido trabalhado no Ensino Médio, não haviam sido assimilados de forma significativa pelos alunos. Assim, talvez por termos colocado o Pré-teste em que os alunos deveriam marcar com X as opções de respostas, não foi possível detectar quais eram os subsunçores articulados em cada uma de suas respostas.

Como observamos, a partir do pré-teste, que os subsunçores dos pesquisados sobre conceitos de termodinâmica eram “precários” introduzimos o texto “Apenas a ‘passagem de ida’ ou o sentido do tempo” para que eles fizessem uma leitura e interpretação, no sentido de que identificassem os principais conceitos físicos, palavras de ligação e construíssem o primeiro mapa conceitual – MC1. Durante o desenvolvimento das atividades de aulas foram elaborados mais dois Mapas Conceituais pelos alunos, o MC2 no intermeio e o MC3 ao término das mesmas. Estes três mapas depois de elaborados foram analisados considerando as categorias elaboradas e discutidas na Metodologia, Capítulo 3, itens 3.1 e 3.2.

A seguir apresentaremos o resultado geral desta categorização, o que nos oportunizara ao leitor uma visão geral dos resultados da pesquisa, para depois discutirmos individualmente cada resultado dos MC1, MC2 e MC3.

A avaliação dos mapas conceituais foi feita com a participação de 27 alunos nas etapas de construção já descritas na metodologia. Lembramos que as categorias são: F – mapa conceitual fraco; M – mapa conceitual médio e C –

mapas completos com duas subcategorias a C2 – é uma subcategoria do mapa conceitual completo com conectores incompletos ou não identificados; e o C1 – é uma subcategoria do mapa conceitual completo e representa o mapa com todos os conectores identificados, indicando as relações entre os conceitos.

Na tabela 1 apresentamos o resultado geral dos três mapas conceituais desenvolvidos pelos alunos de acordo com as categorias:

	MAPAS CONCEITUAIS					
	MC1		MC2		MC3	
Categorias	Total	%	Total	%	Total	%
F	12	44,40	10	37,03	5	18,50
M	6	22,20	8	29,67	7	26,00
C2	2	7,40	5	18,50	6	22,20
C1	7	26,00	4	14,80	9	33,30

Tabela 01: Distribuição dos Mapas Conceituais (MC1, MC2 e MC3) por categorias.

De modo geral, os dados da tabela 1 mostram que houve um decréscimo dos mapas fracos com um ligeiro aumento dos mapas médios, contudo, houve uma maior concentração dos mapas na categoria completos. No MC1, ou seja, o primeiro mapa elaborado pelos pesquisados observamos na categoria F 44,4% dos mapas, quanto na categoria M 22,2% e na categoria C 33,4%. Esses números mostram que há uma concentração nas categorias das pontas F e C, 44,4% e 33,4%, respectivamente. Isso mostra que parte dos pesquisados ainda não haviam tido contato com os conceitos propostos para serem trabalhados nesta pesquisa, ponta inferior ou F. Por outro lado, na outra ponta, a superior ou C, encontramos um bom percentual que possivelmente já haviam estudado esses conceitos, dessa forma nossa preocupação maior recai

para as duas categorias que ainda não apresentavam domínio de tais conceitos, ou seja, as categorias F e M.

Após trabalharmos mais conceitos, etapa 4 os pesquisados elaboraram o MC2. Os dados da tabela 1, referente ao MC2 nos informa novos percentuais, ou seja, na categoria F 37,03% dos mapas, quanto na categoria M 29,67% e na categoria C 33,3%. Esses números mostram que, ainda persiste uma concentração nas categorias das pontas F e C, 37,03% e 33,3%, respectivamente. Contudo, houve um decréscimo da categoria F (antes 44,4% agora 37,03%) e um acréscimo da categoria C (antes 31,7% e agora 33,3%). Isso mostra que houve um movimento em direção à categoria C, ainda pequena, mas indicando a tendência para elaboração de mapas mais hierárquicos.

Ainda analisando a tabela 1, vamos para os MC3. Estes elaborados na etapa 5 das atividades de pesquisa. Os dados da tabela 1, referente ao MC3 nos informa novos percentuais, ou seja, na categoria F 18,5% dos mapas, quanto na categoria M 26,0% e na categoria C 55,5%. Esses novos números mostram que, houve um deslocamento para a categoria superior C, agora com 55,5%, com diminuição das outras duas categorias que passam a apresentar na categoria F e M, 18,5% e 26,0%, respectivamente. Essa melhoria mostra que os estudantes estão elaborando melhor seus mapas e para melhorar essa elaboração, conseqüentemente, passaram a hierarquizar, diferenciar progressivamente e fazer a reconciliação integrativa melhor seus conceitos, dando sinal de alguma aprendizagem.

Vamos fazer uma análise horizontal, ou seja, ver como evoluíram os mapas na sua própria categoria, expresso na tabela 2, temos os mapas MC1.

	MAPAS CONCEITUAIS					
	MC1		MC2		MC3	
Categorias	Total	%	Total	%	Total	%
F	12	44,40	10	37,03	5	18,50

Tabela 2: Evolução dos mapas na categoria F (fracos)

É nítido na tabela 2, a evolução dos mapas fracos, no MC1 eram 44,4%, no MC2 37,03% e no MC3 apenas 18,5%. Esse resultado se mostra promissor, pois de praticamente 50% dos estudantes que construíam mapas fracos passou a apenas 18,5%. Isto significa redução significativa desses mapas o que é sinal, mesmo que tênue, que possivelmente evoluíram para os mapas médios e completos.

	MAPAS CONCEITUAIS					
	MC1		MC2		MC3	
Categorias	Total	%	Total	%	Total	%
M	6	22,20	8	29,67	7	26,00

Tabela 3: Evolução dos mapas na categoria M (médios)

A tabela 3 ilustra a evolução dos mapas médios (M). Inicialmente eram 22,2% no MC1, passando a 29,67% no MC2, portanto experimentando um aumento, uma vez que possivelmente houve migração de mapas F (fracos) para os médios, e voltando a envolver no MC3 com 26,0%. Esse resultado também se mostra promissor, seguindo o mesmo caminho dos mapas fracos, ou seja, se evoluiu e não voltou para os mapas fracos quer dizer que migrou para os mapas completos. Na tabela 4 e 5 vamos mostrar a evolução dos mapas completos, categorias C2 e C1, respectivamente.

	MAPAS CONCEITUAIS					
	MC1		MC2		MC3	
Categorias	Total	%	Total	%	Total	%
C2	2	7,40	5	18,50	6	22,2

Tabela 4: Evolução dos mapas na categoria C2 (completos)

A tabela 4 mostra a evolução dos mapas completos (C) sub-categoria C2. Inicialmente eram apenas 7,4% no MC1, passando a 18,5% no MC2 e evoluindo para 22,2% no MC3, portanto experimentando aumento contínuo.

Pode-se concluir daí que houve migração dos mapas médios e fracos para essa categoria. A causa para esse aumento pode ser atribuída a aprendizagem dos conceitos trabalhados no processo de ensino com mapas conceituais.

Esse resultado também se mostra promissor, seguindo o mesmo caminho dos mapas fracos e médios, ou seja, se evoluiu e não voltou para os mapas fracos e nem médios, quer dizer que migrou para os mapas completos. A seguir, tabela 5, analisaremos a sub-categoria C1, a mais completa.

	MAPAS CONCEITUAIS					
	MC1		MC2		MC3	
Categorias	Total	%	Total	%	Total	%
C1	7	26,00	5	14,80	9	33,3

Tabela 5: Evolução dos mapas na categoria C1 (completos)

A tabela 5 apresenta a evolução dos mapas completos (C) sub-categoria C1. Aqui uma característica única em relação à outras categorias já eram expressivas no MC1 com 26,0%, significando dizer que já havia estudantes com conhecimentos de Termodinâmica o que é positivo, pois o ensino até então teve resultado significativo. Contudo, ao olharmos os percentuais do MC2 encontramos uma involução, sugerindo que partes desses estudantes ainda não estavam com os conhecimentos sobre termodinâmica consolidados de forma significativa. Ao analisarmos os MC3 o arsenal se modifica voltando a crescer para 33,3%. Tal aumento só tem razão de ser pela migração dos mapas fracos para os completos, e aqui não é possível saber para que categoria houve a migração e também se houve migração do C2 para o C1. A causa para esse aumento pode ser atribuída a aprendizagem dos conceitos trabalhados no processo de ensino com mapas conceituais, assim como pode ter ocorrido com os mapas C2.

Ainda não é possível aquilatar o nível dessa aprendizagem, para tanto é necessária uma análise mais acurada dos dados e dos demais instrumentos de coleta de dados, e é o que faremos a seguir.

Para um estudo mais aprofundado e buscar entender melhor a evolução conceitual de entropia, bem como indícios de aprendizagem significativa selecionamos 12 Mapas. Desses procuramos garantir que todas as categorias estivessem representadas nos mapas MC1 (4), MC2 (4) e MC3 (4).

Daremos início a essa análise fina apresentando os mapas elaborados na primeira etapa dos trabalhos, ou seja, o MC1. Destacaremos dos MC1, mapas que exemplificam as três categorias (F – fraco; M – médio e C-completos). Na figura 7 apresentamos um exemplo típico da categoria F, categorizada como mapa fraco.

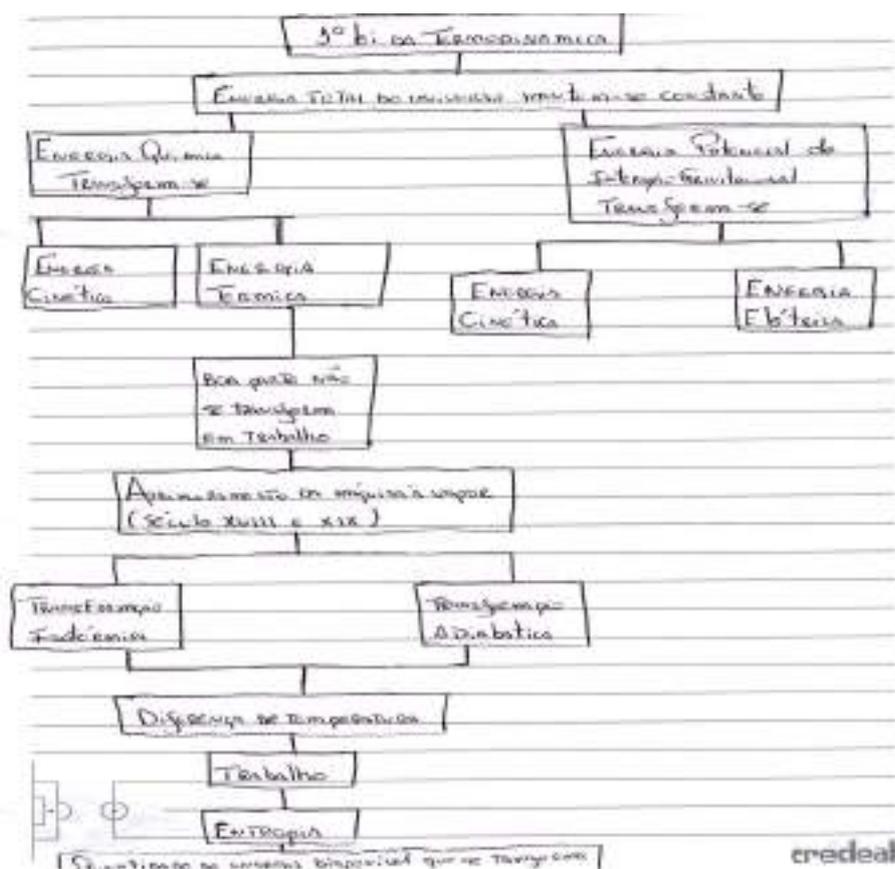


Figura 07: MC1 – Mapa conceitual da categoria – Fraco

O mapa da figura 07, de acordo com a teoria de Ausubel, mesmo usando alguns subsunçores, não apresenta uma hierarquia conceitual clara, conseqüentemente não consegue fazer uma diferenciação progressiva e muito menos uma reconciliação integrativa, assim, os conceitos encontram-se soltos, como se eles não fossem necessários para o encadeamento conceitual. Desta maneira, o aluno utiliza subsunçores de modo inadequados, não nos mostrando como que nos processos de transformações de energia, ela é sempre conservada, logo os subsunçores não fazem ligações de calor como uma forma de energia em movimento, conseqüentemente, não relaciona a primeira lei da termodinâmica com o calor.

A figura 8 mostra um mapa M, categoria dos mapas considerados médios. Tomemos o exemplo abaixo como exemplo característico desta categoria:

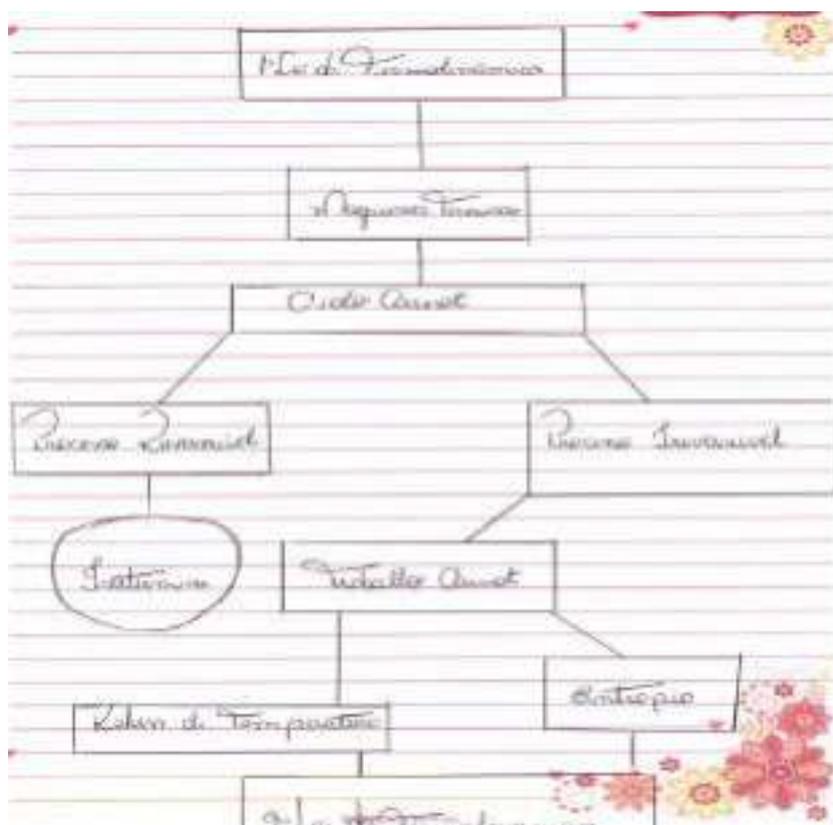


Figura 08: MC1 – Mapa conceitual da categoria – Médio

O mapa da fig. 8 apresenta **hierarquização dos conceitos**, de acordo com o mapa de referência (fig. 6), começando pela primeira lei da termodinâmica, máquina térmica e processos termodinâmicos, isso mostra que a aprendizagem ocorreu por um processo de leitura e releitura do texto, ao qual o aluno conseguiu sintetizar a natureza destes conceitos e o seu papel na construção do mapa e as relações entre os conceitos, para estabelecer o que Novak descreve como um dos três pontos essenciais na construção de um mapa conceitual.

O aluno, também, faz uma **diferenciação progressiva** para os conceitos ciclo de Carnot, transformação isotérmica, escalas termométricas e trabalho, isto significa que ele utiliza de subsunçores para mostrar a diferenciação entre conceitos, por apresentar essas características foi considerado um mapa médio (M).

Na figura 9 é possível vermos um mapa completo, subcategoria C2, como exemplo característico dessa categoria.

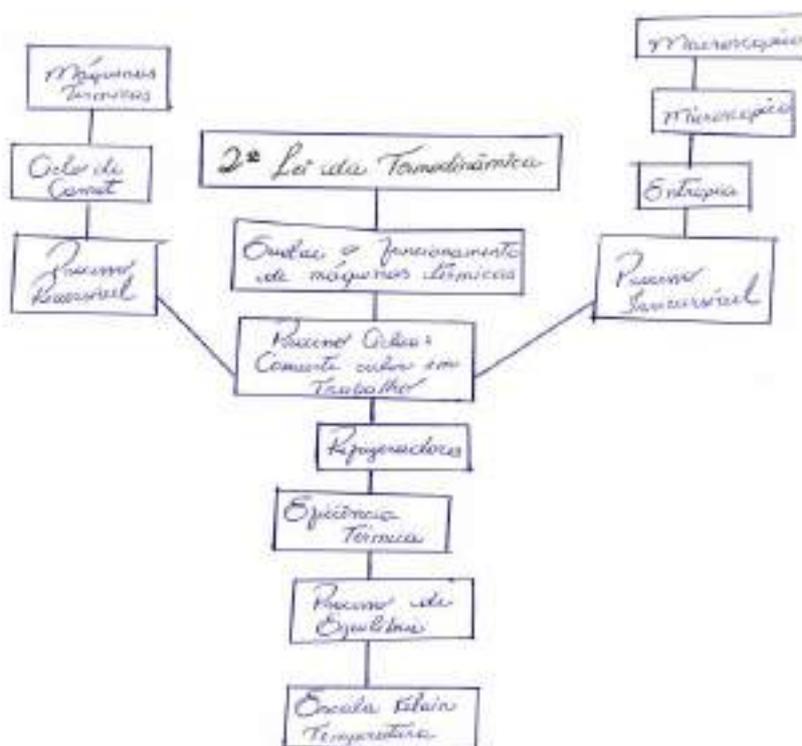


Figura 09: MC1 – Mapa conceitual da categoria – C2.

A figura 9 apresenta um mapa completo, subcategoria C2, que tem **hierarquização dos conceitos**, construídos com os seguintes subsunçores: segunda lei da termodinâmica, processos cíclicos, processo reversível, processo irreversível e entropia. Para Ausubel (apud MOREIRA, 1999, p.161) compreender se houve uma diferenciação dos conceitos principais do secundário implica que esses conceitos construídos no mapa com os conectores e palavras de ligação fiquem claros, precisos e diferenciados e isso foi feito nos conceitos de ciclo de Carnot, máquinas térmicas, refrigeradores, eficiência térmica, processo de equilíbrio, escala kelvin e estados macro e microscópicos. A **reconciliação integrativa** aconteceu com os conceitos: processos cíclicos e converte calor em trabalho. Entretanto, não mostrou a primeira lei da termodinâmica, isso demonstra novamente os três pontos comuns na construção de mapa conceitual de Novak.

Para se ter uma ideia de um mapa da categoria C - subcategoria C1. Chamou nossa atenção encontrar mapas dessa categoria nos mapas elaborados na primeira etapa (etapa 1 – MC1) das atividades, isso aponta que já havia algum domínio dos conteúdos e dos mapas, mesmo que seja de forma intuitiva. Muito embora apresentassem dúvidas quanto ao uso das palavras chaves e conceitos de ligação. A figura 10 mostra um exemplo característico dessa categoria.

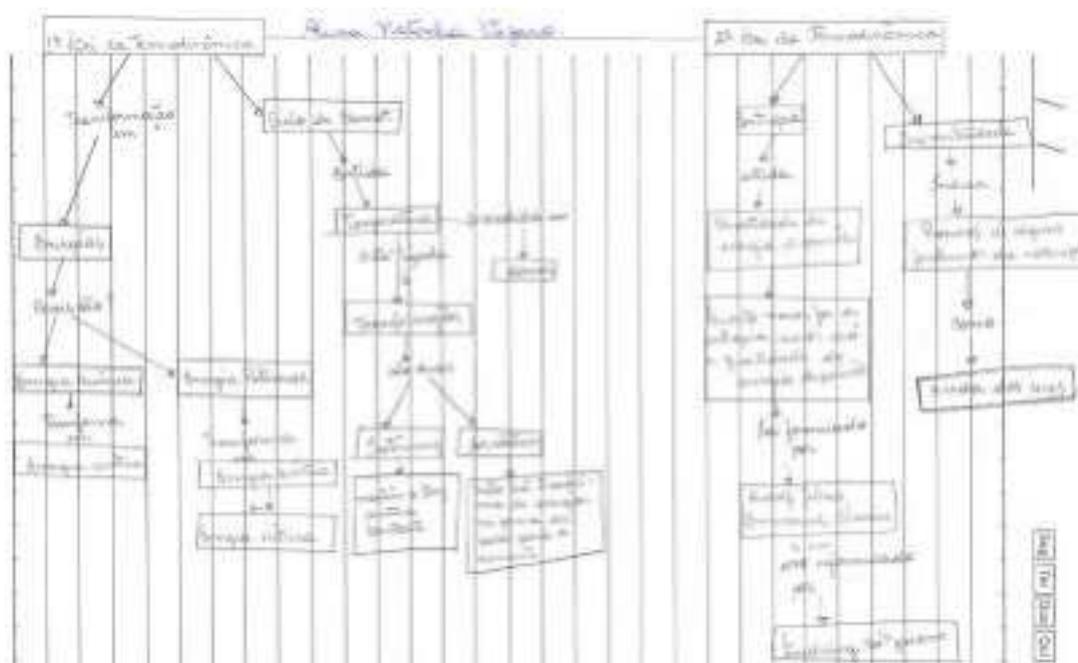


Figura 10: MC1 – Mapa conceitual da categoria – C1.

O mapa da figura 10 apresenta melhor **hierarquização dos conceitos**, podemos observá-los na primeira lei da termodinâmica, nas transformações de energia, na segunda lei da termodinâmica e entropia; a **diferenciação progressiva** ficou nos conceitos de energia química, cinética, potencial e elétrica, na entropia usou a história da física para destacar o que texto fala sobre a evolução do conceito de entropia pelos cientistas Clausius e Boltzmann, a **reconciliação integrativa** ficou com o conceito da primeira lei da termodinâmica e com a segunda lei da termodinâmica, sendo as duas interligadas. Comparando com o mapa de referência, percebemos que não mostra a determinação do limite imposto pela segunda lei da termodinâmica nas máquinas, mas mesmo assim, ficou bem próximo do mapa de referência. Isso nos permite inferir que os alunos que construíram estes mapas tiveram uma assimilação dos conceitos do texto e souberam aplicar os três pontos comuns de construção de um mapa conceitual de Novak.

A próxima análise refere-se ao segundo mapa (MC2) elaborado pelos estudantes. Da categoria fraca, o representante desta categoria a sua **hierarquização dos conceitos** não ficou bem claro, porque os dois ramos dessa hierarquização têm conceitos em pontos inadequados em comparação com o mapa de referência (fig. 6); a **diferenciação progressiva** ficou comprometida, pois distribuídos desta forma dá a entender que só temos conceitos principais. Entretanto, a **reconciliação integrativa** foi em calor apenas, temos assim que esses conceitos são subsunçores de calor e da primeira lei da termodinâmica, mas ressaltamos da ênfase que Ausubel dava aos conceitos estruturantes de cada disciplina, que no nosso caso a Física Aplicada a Biologia, que deveriam ser identificados e analisados para a construção do mapa conceitual.

Segue na figura 11 o exemplo do referido mapa conceitual:

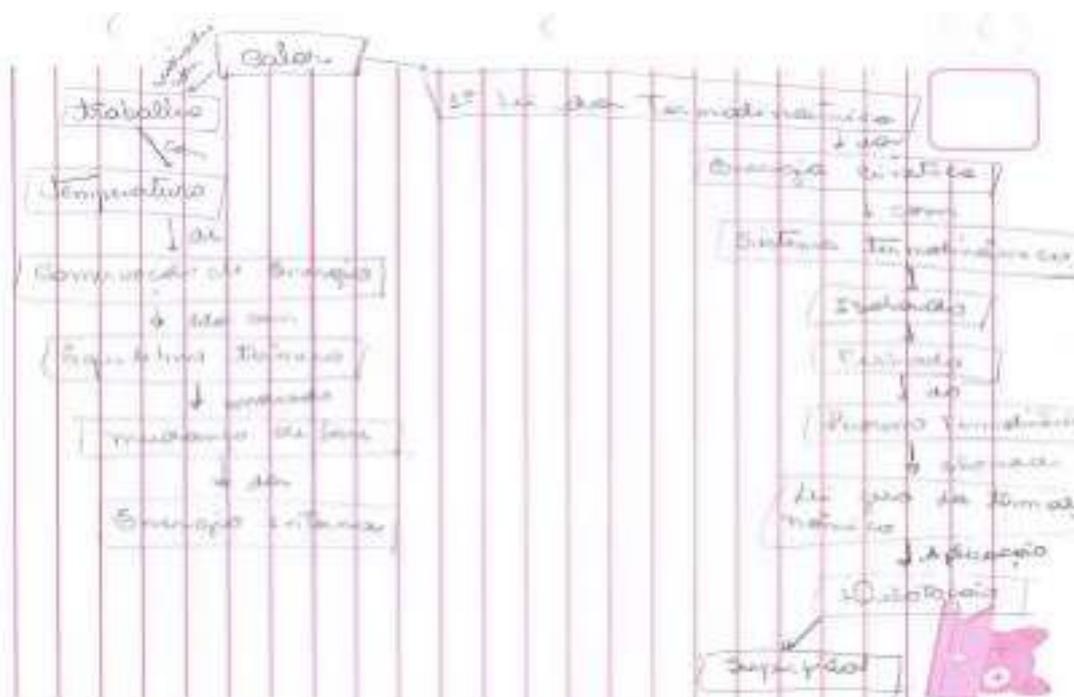


Figura 11: MC2 – Mapa conceitual da categoria – Fraco.

A próxima análise refere-se a um MC2 da categoria médio. Neste mapa o aluno trata a primeira lei da termodinâmica como um caso particular da conservação de energia. O mapa apresenta **hierarquização dos conceitos**, começando pela primeira lei da termodinâmica e processos termodinâmicos, houve a **diferenciação progressiva** dos conceitos principais entre si e em relação aos conceitos secundários, sendo que a **reconciliação integrativa** é efetuada a partir da primeira lei da termodinâmica, temos assim um mapa **Médio**, porque tem boa estrutura conceitual, segue logo abaixo o modelo do mapa escolhido:

principais e os secundários, sendo que a **reconciliação integrativa** foi efetuada a partir da primeira lei da termodinâmica. Fazendo a comparação com o mapa de referência, a aluna só não apresentou calor como energia térmica que provoca mudança no sistema, ao qual ocorre mudança nas variáveis de estado (P, T, V), mas mostrou a ligação de calor com relação de trabalho mecânico.

O próximo mapa, da figura 14, analisado é o que fez a **hierarquização dos conceitos**, a **diferenciação progressiva**, nos conceitos de calor, primeira lei da termodinâmica e lei zero da termodinâmica, embora essa hierarquização ficasse na forma de dois ramos, toda **reconciliação integrativa** é efetuada a partir do conceito de calor. Fazendo a comparação com o mapa de referência, percebemos que ela só mostrou ligação de calor como uma associação e no mapa de referência temos que quando calor provoca mudança no sistema, isto é, quando varia o volume, por exemplo, logo o sistema realiza trabalho sobre um meio. Temos assim do MC2 um mapa **Completo do tipo C1**, em que os subsunçores construídos nos apresentam os conhecimentos prévios do aluno relevantes para a aprendizagem de calor, da primeira e segunda lei da termodinâmica e conseqüentemente a definição conceitual de entropia.



Figura 14: MC2 – Mapa conceitual categoria – C1.

O mapa da figura 17 apresenta a **hierarquização dos conceitos**, a **diferenciação progressiva**, e a **reconciliação integrativa** ficou com o conceito da entropia. Comparando com o mapa de referência, ela não mostra a determinação do limite imposto pela segunda lei da termodinâmica nas máquinas, assim foi caracterizado como um mapa C2.

Temos assim, um exemplo de mapa classificado na categoria mapa Completo C1, na figura 18.

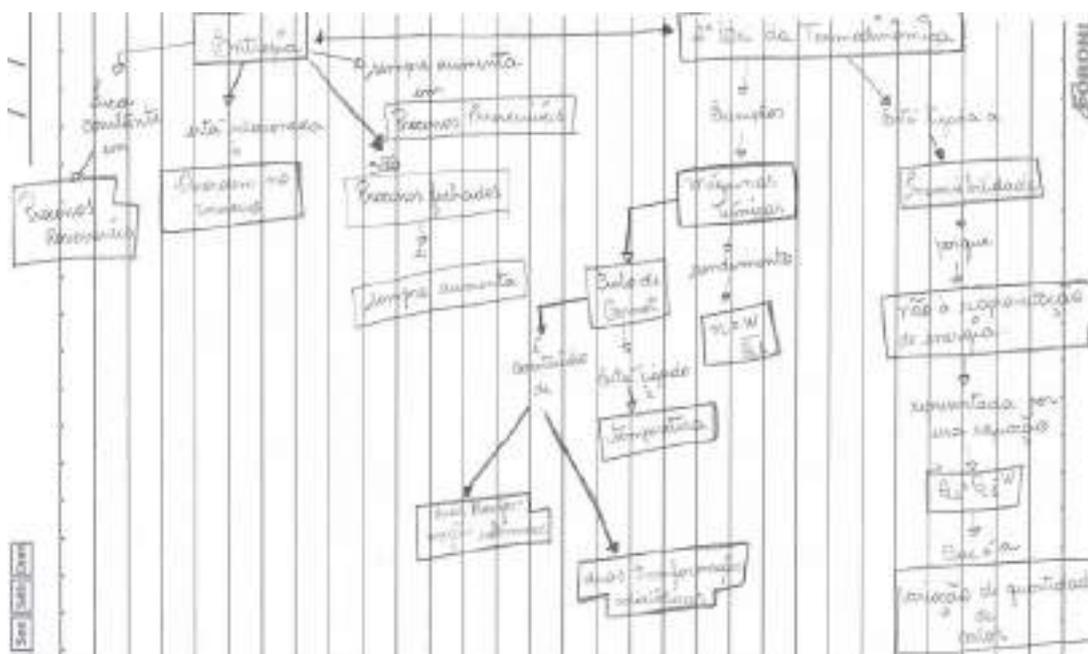


Figura 18: MC3 – Mapa conceitual categoria– C1.

Após a apresentação dos exemplos dos diversos mapas (fracos, médios e completos) faremos uma digressão a respeito dos mapas construídos pelos pesquisados (MC1, MC2 e MC3).

Iniciando pela etapa de construção do primeiro mapa (MC1), os conceitos analisados nestes mapas foram: primeira lei da termodinâmica, conservação da energia, energia química, energia térmica, energia potencial gravitacional, energia cinética, máquina a vapor, trabalho, rendimento, diagrama de pressão pelo volume, irreversibilidade, reversibilidade, segunda lei da termodinâmica, e entropia. Além desses conceitos, poderia ocorrer também uma contextualização da história da física, uma vez que o texto analisado focava também uma evolução histórica dos conceitos da termodinâmica. Nesta etapa de construção, os alunos já haviam estudado sobre como construir um mapa

conceitual com as regras de Novak (etapa 1). Neste primeiro mapa (MC1) chamou a atenção o quanto de dificuldade os estudantes encontraram na identificação dos conceitos chaves e as palavras de ligação, contudo foi uma das etapas com maior número de mapas completos no nível C1 (26%). Antes da montagem desse mapa foi trabalhado com os estudantes sobre elaboração de mapas conceituais. A partir desses mapas foi possível ver também nuances da aprendizagem significativa subordinada (Moreira, 2011 p.36), pois os novos conhecimentos potencialmente significativos, trabalhados antes da construção dos mapas da primeira etapa (MC1), adquiriram significados para os acadêmicos de biologia, por um processo de ancoragem cognitiva. A seguir, nas duas etapas posteriores, os alunos tiveram duas aulas referentes a cada etapa para auxiliá-los na interpretação física do conteúdo, e solicitado uma análise do livro de Física adotado² no curso de Biologia, uma vez que era necessário um processo de abstração, indução e síntese dos conceitos: na etapa 2 – calor e a 1ª Lei da Termodinâmica – e na etapa 3 – entropia e a 2ª Lei da Termodinâmica. Nessas etapas tivemos uma tendência a uma aprendizagem superordenada, visto que os alunos assimilaram conceitos de nível superior e procurar assimilar os conceitos, de temperatura, calor, trabalho, energia interna, expansão livre, sistema, ambiente, lei zero da termodinâmica, primeira lei da termodinâmica, bem como, as aplicações nos processos adiabático, isobárico e isotérmico. Na etapa 3 exploramos os conceitos, de ciclo de Carnot, eficiência térmica, entropia, escala kelvin de temperatura, estado macroscópico, estado microscópico, máquina térmica, processo cíclico, processo de equilíbrio, processo reversível e irreversível, refrigerador e segunda lei da termodinâmica. Quando Moreira (2011) observa as condições para que ocorram essas aprendizagens ele reforça a necessidade da existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno querer aprender, do material ser potencialmente significativo e da mediação do professor, portanto, foi isso que se procurou realizar em cada uma dessas respectivas etapas.

A evolução conceitual observada nos mapas conceituais, não foi uniforme, contudo, houve uma evolução de mais de 7% dos mapas médios

-
- ²SEARS, Francis W. & ZEMANSKY, Mark. **Física** Vol. II – Colaborador A. Lewis Ford. Tradução: Cláudia S. Martins. Revisão Técnica: Adir M. Luiz. São Paulo: Addison Wesley, 2008 (12ª edição).

quando comparamos os mapas MC1 e MC2 e em relação aos mapas MC3 mais de 6%. Isto pode não parecer significativo, mas se olharmos as condições dos alunos no pré-teste, percebemos uma melhora significativa, tendo em conta que esses alunos não tinham conhecimento do que eram mapas conceituais e não tinham aprendido as leis da termodinâmica e entropia.

Outro ponto a ser destacado, no tocante ao aprofundamento do estudo da entropia, refere-se aos conhecimentos matemáticos de derivadas e integrais, porém os estudantes que participaram da pesquisa cursavam o primeiro semestre. Estes ainda não tinham conhecimentos prévios para os estudos matemáticos desse nível.

Dos estudantes que elaboraram mapas categorizados como C (completo) nas duas etapas subsequentes (etapas 4 e 5), percebemos que tiveram dificuldades entenderem calor, a primeira lei da termodinâmica, a segunda lei e entropia. Um possível motivo para tal dificuldade pode ser atribuído ao curto espaço de tempo de coleta dos dados, não havendo um trabalho mais abrangente para diagnóstico dos conceitos estabelecidos em cada etapa, bem como verificar essas dificuldades e analisá-las. O propósito era utilizar a ferramenta para ensinar entropia a luz da aprendizagem significativa. A pesquisa mostrou que a ferramenta é potencialmente útil, mas para parte dos aprendizes não funcionou dessa forma. Esta afirmação se prende ao fato da persistência dos mapas fracos ao longo do processo de aprendizagem. Mesmo havendo redução dos mapas fracos eles persistiram ao longo das atividades. Percebemos também, que 11% dos estudantes que apresentaram mapas fracos no MC1, aproximadamente 50% destes evoluíram para MC2. Ressaltamos, se nosso olhar, for em função desse aumento, podemos inferir que houve evolução, mesmo que sutil mas, notamos pelo menos, que há um crescente número de mapas que saíram do fraco para o médio e deste para o completo no MC3.

Percebemos da análise anterior que os alunos hierarquizaram os conceitos, diferenciaram e fizeram a reconciliação integrativa dos conceitos da termodinâmica e entropia, porém faltou olharmos como realmente acontece essa evolução conceitual de cada mapa, para isso, recorreremos ao infográfico (figura 19). O infográfico foi elaborado a partir dos mapas analisados, para planejarmos e visualizarmos mais pormenorizadamente o que realmente foi essa evolução conceitual e de forma aconteceu nas etapas de construção, bem

como analisarmos os subsunçores envolvidos e como a ferramenta de ensino propiciou a aprendizagem significativa.

Mas antes, convém esclarecer a forma como foi construído o infográfico: na horizontal tivéssemos a divisão das três etapas de construção dos mapas conceituais (MC1, MC2 e MC3) e na vertical as categorias, sendo que estariam dispostas em ordem crescente de cima para baixo para que olhássemos essa evolução conceitual de modo mais claro. Cada categoria recebeu uma cor, isto é, mapa fraco (cor preta), mapa médio (cor amarelo), mapa completo – subcategoria C2 (cor verde) e mapa completo – subcategoria C1 (cor vermelho). Veja abaixo o infográfico e a respectiva análise:

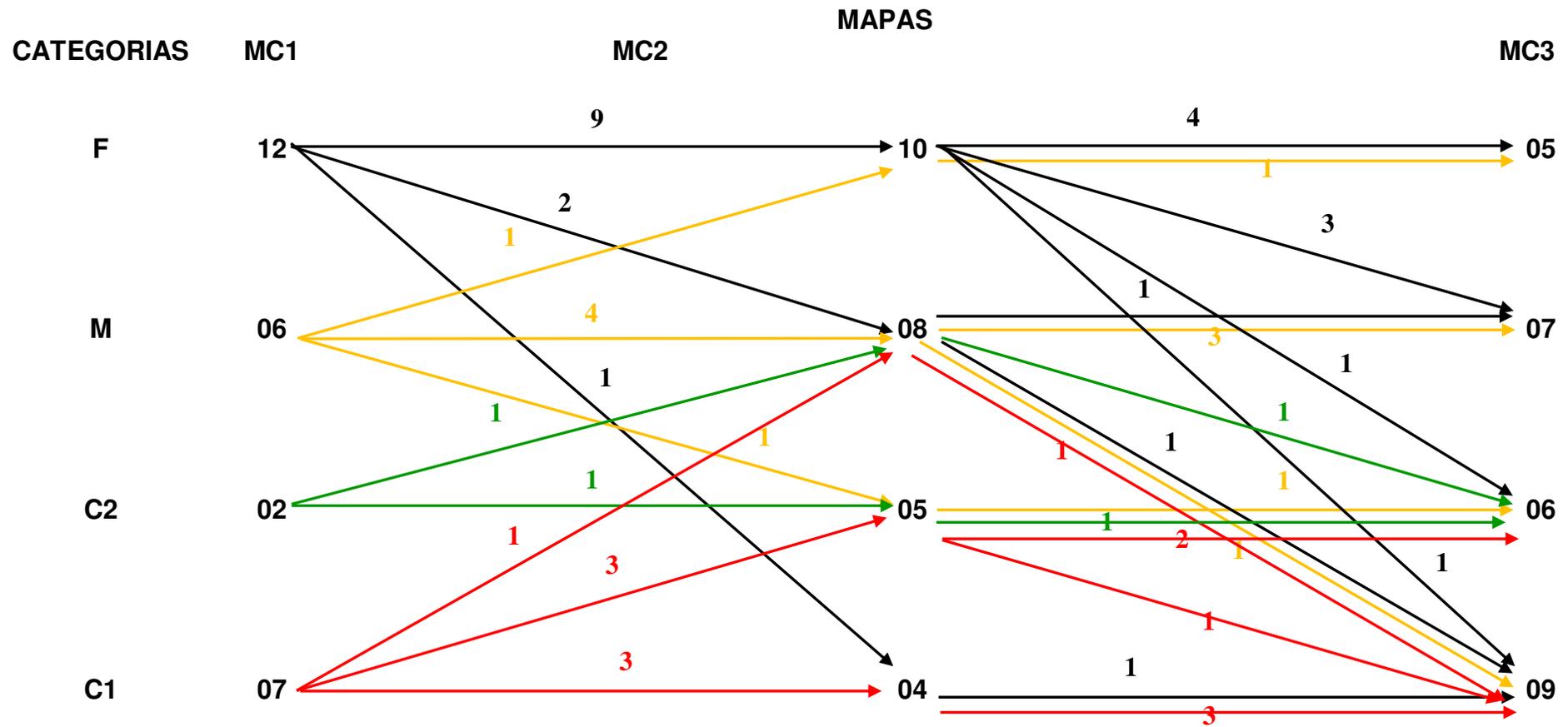


Figura 19: Infográfico da Evolução Conceitual dos Alunos por Categorias

Tomamos como ponto de partida cada MC1 elaborados pelos alunos e vamos analisá-los ao longo de seu movimento pelas categorias, assim, não precisamos identificar o aluno, mas seu movimento pelas categorias ao longo da elaboração dos mapas conceituais. Inicialmente temos 12 mapas conceituais na Categoria **F** e na elaboração do MC2, 09 alunos permaneceram nesta categoria, ou seja, do MC1 para o MC2 podemos afirmar que não houve a aprendizagem dos conceitos trabalhados, assim os mapas conceituais apresentavam os mesmos problemas da elaboração inicial. Destes 12 da categoria **F**, 02 mapas conceituais dos alunos conseguem mudar para a categoria **M**, o que demonstra que os mapas conceituais apresentavam melhores subsunçores e conectores, bem como, uma maior clareza da hierarquização dos conceitos. Somente 01 mapa conceitual de um dos alunos foi diretamente da categoria **F** para a categoria **C1**, tendo um salto qualitativo em relação ao uso dos subsunçores e conectores, além de apresentar claramente uma hierarquização conceitual e efetuar uma diferenciação progressiva dos conceitos, reconciliando-os ascendente.

Para manter a ideia de movimento dos alunos ao longo da elaboração dos mapas conceituais, temos que analisar como estes 12 alunos se comportam da elaboração do MC2 para o MC3, sendo que o mesmo será realizado para todos. Na elaboração do MC2, 09 destes 12 alunos encontram na Categoria **F**, ao produzirem o MC3, 04 não muda de categoria, estes mapas apresentam os mesmos problemas ao longo de todo o trabalho. Destes 09 alunos, 03 de seus mapas conceituais evoluem para a Categoria **M**, apresentando melhores subsunçores e conectores, há uma nova hierarquização conceitual, aparecem algumas diferenciações progressivas, mas não fazem reconciliação conceitual. Os outros 02 mapas vão para a Categoria **C**, sendo que 01 vai para **C1** e 01 para **C2**. O mapa da categoria **C2** apresenta subsunçores e conectores bem elaborados, com clareza da hierarquização dos conceitos, diferenciando-os progressivamente, sendo que há problemas em sua reconciliação ascendente, por outro lado, o mapa da Categoria **C1** apresenta todos estes elementos e ainda faz a reconciliação conceitual ascendente.

Passamos para a análise dos MC1 que se encontram na Categoria **M**, composta de 06 mapas conceituais, dos quais, ao elaborarem os mapas conceituais MC2, 01 vai para a Categoria **F**, e nela permanece ao elaborar o MC3, não havendo evolução conceitual, ou seja, por conseguinte aprendizagem dos conceitos trabalhados, logo seu mapa conceitual é um amontoado de palavras que não se

conectam uma a outra para dar uma unidade de pensamento. Destes 06 mapas, 04 deles permanecem nesta categoria, sendo que 03 mapas conceituais não conseguem elaborar um MC3 que pudesse mudar de categoria. Assim, 50% dos 06 MC1 que se encontravam na categoria **M** não demonstram que houve uma aprendizagem significativa dos conceitos da termodinâmica.

Os dois mapas MC1 da categoria C2, quando da elaboração do MC2, 01 permanece nesta categoria e o outro é analisado como da categoria **M**, sendo que no momento da elaboração do MC3, os 02 são analisados como da categoria C2. De um modo geral, este é um mapa conceitual que apresenta todos os elementos de análise, mas o que esperamos de alunos que apresentam bom conhecimento de um determinado conteúdo é que depois de determinadas atividades de ensino eles possam chegar aos conceitos mais elaborados, mas isto não ocorreu.

Na categoria **C1** do MC1 temos 07 mapas conceituais, sendo que 03 permaneceram nesta categoria ao longo da elaboração do MC2 e MC3, demonstrando que os conceitos envolvendo a termodinâmica foram apreendidos ao longo do desenvolvimento dos trabalhos. Um mapa de um dos alunos vai se mover para a categoria **M** quando da elaboração do MC2 e retorna à categoria **C1** quando da elaboração do MC3. Dentro deste movimento nas categorias ao longo da elaboração dos mapas conceituais, 03 MC1 vão se deslocar para a categoria **C2** e 02 permanecem nesta ao elaborar o MC3 e um retorna à categoria **C1**.

Para que possamos analisar como ficou o movimento final dos mapas conceituais elaborados pelos alunos ao longo das etapas de trabalho, montamos um infográfico que nos mostra a evolução conceitual do MC1 para o MC3, considerando as categorias de análise elaboradas. Para tanto, considere o infográfico abaixo:

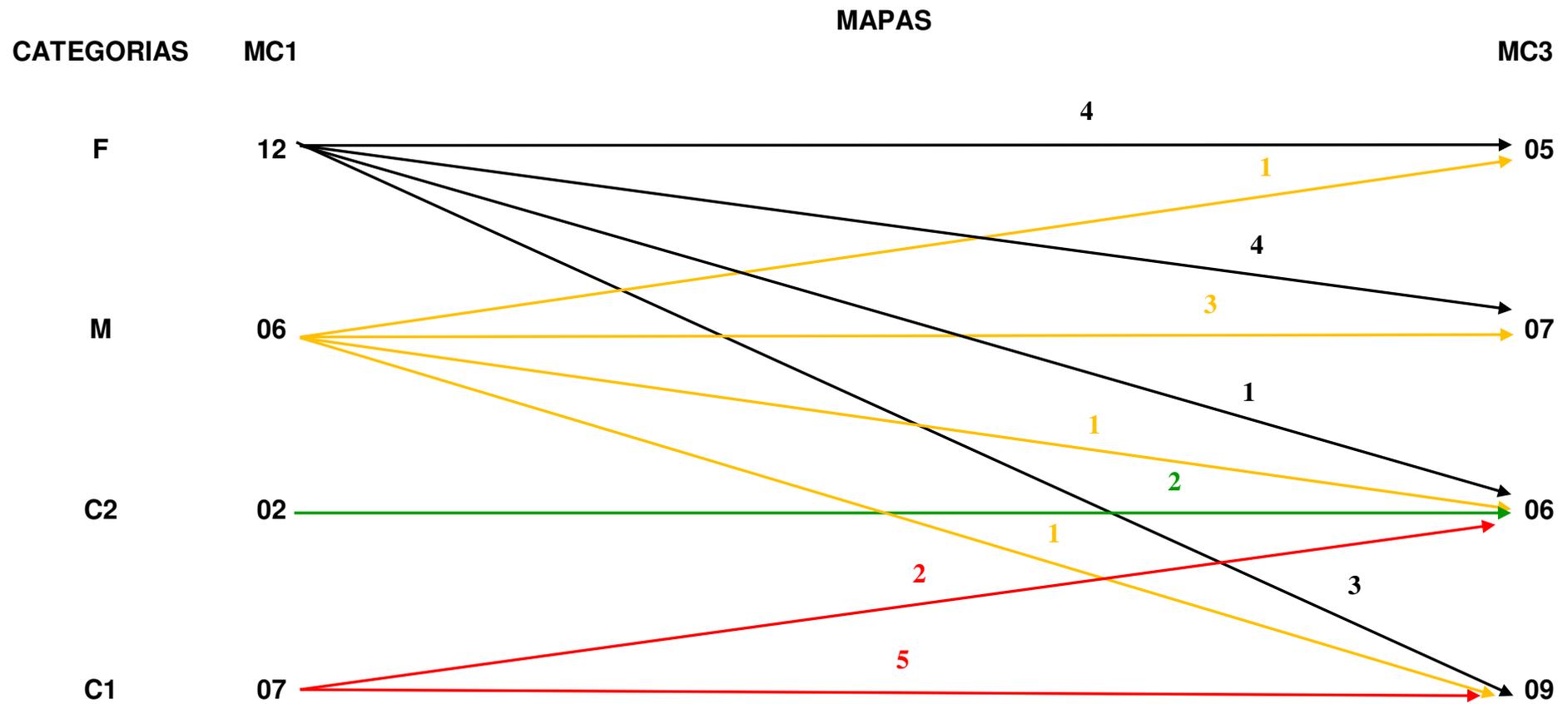


Figura 20: Infográfico da Evolução Conceitual do MC1 para MC3 por Categorias

Pelo infográfico da figura 20, podemos analisar como estão compostas as categorias ao passar do MC1 para o MC3, assim, a categoria **F** é composta por 04 mapas oriundos desta mesma categoria e 01 da categoria **M**. A categoria **M** do MC3 é composta por 07 mapas, sendo 03 mapas originários desta mesma categoria e por 04 mapas da categoria **F**. Na categoria **C2** tem 02 MC3 oriundos desta mesma categoria, 02 da categoria **C1**, 01 da categoria **F** e 01 da categoria **M**. Os MC3 da categoria **C1** têm 05 mapas desta mesma categoria, 03 mapas da categoria **F** e 01 da categoria **M**.

Então, podemos afirmar que a composição das categorias que exigem maior elaboração conceitual dos alunos, a **C2** e a **C1**, são mais representativas dos resultados dos trabalhos, pois dos 27 alunos que elaboraram os mapas conceituais 15 estão nestas categorias quando elaborou o MC3, o que representa um aumento 66,67% na categoria dos completos e, quando da elaboração do MC1 a categoria dos completos representava 33,3% e quando da elaboração do MC3 ela passou a representar 55,7% dos alunos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao revisitar o ensino de Física e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, traçamos como objetivo utilizar os mapas conceituais como um instrumental no ensino dos conceitos da termodinâmica para graduandos em licenciatura e bacharelado do curso de Biologia da UNEMAT/Campus Universitário de Cáceres/MT. Na realidade, ao longo do trabalho a sala se constituiu no *lócus* da pesquisa, em que a produção dos dados e sua coleta se faziam no ensinar, que gerou, ao longo das atividades, 81 mapas conceituais produzidos pelos graduandos. Desta maneira, foi possível, ao analisar estes mapas, inferir a potencialidade dos mesmos como um instrumento adequado para o ensino de Física e ao mesmo tempo se os graduandos assimilaram os conceitos inerentes à termodinâmica, principalmente em relação à 2ª Lei e a Entropia.

Por se constituir em uma metodologia qualitativa, com nuances da pesquisa participativa, não houve, necessariamente, de início, uma pergunta a ser respondida. Contudo, ela foi se constituindo na medida em que os graduandos iam produzindo seus mapas conceituais, e evoluindo as etapas da pesquisa, assim, podemos perguntar se a utilização de mapas conceituais, como instrumento para o ensino de termodinâmica, oportuniza aos graduandos uma aprendizagem significativa dos conceitos inerentes a Física? Os mapas conceituais produzidos pelos graduandos, nas diferentes etapas (MC1, MC2 e MC3) revelam como os estudantes integraram novos conceitos em sua estrutura cognitiva ao longo das atividades, ou seja, como utilizaram os subsunçores para realizar a hierarquização conceitual, como diferenciaram os conceitos principais dos secundários e como os reconciliam em uma unidade conceitual.

Assim, quando da análise do primeiro mapa conceitual elaborado pelos graduandos (MC1) constatamos que, aproximadamente, 66,7% não apresentavam elementos de ligação entre os conceitos e mesmo quando o faziam não serviam para indicar a hierarquia conceitual, logo, não mostrava diferenciação conceitual e muito menos conseguiam realizar a reconciliação. Ao mesmo tempo, tínhamos 33,3% dos graduandos que elaboraram mapas conceituais que apresentavam todos estes elementos de análise. Ao término das atividades, na elaboração do terceiro

mapa conceitual (MC3), os dados mostram que houve uma inversão destes percentuais, agora os mapas que possuem subsunçores, elementos de ligação e que fazem hierarquia conceitual, que mostravam diferenciação conceitual e conseguem realizar a reconciliação conceitual, representam 55,6% dos mapas, indicando que houve, por parte dos graduandos, assimilação dos conceitos trabalhados. Contudo, o mais importante nesta análise é que nesta categoria (mapas completos – C) encontra-se 15 graduandos, dos quais 07 são oriundos das categorias, nas quais os elementos de análise não estavam presentes.

Desta maneira, é possível inferir, mesmo que tênue, que houve uma aprendizagem dos conceitos trabalhados durante a pesquisa. Um possível índice dessa aprendizagem esteja no fato de que ao desenrolar das atividades de ensino havia a necessidade de maior aprofundamento teórico sobre os conceitos que estavam sendo trabalhados (termodinâmica). Mesmo observando uma maior exigência conceitual, assim, este movimento de uma categoria a outra, quer para um nível mais elaborado ou para um nível de menor elaboração, pode estar relacionado a esta complexidade conceitual da termodinâmica houve uma migração dos mapas fracos para os médios e completos.

No primeiro momento (MC1), a partir do texto que tratava de unidades de conceitos da termodinâmica, só conseguiram elaborar o mapa conceitual, que estivesse numa categoria mais completa, aqueles alunos que estudaram conceitos da termodinâmica no ensino médio. Mas, à medida que os alunos foram apreendendo estes conceitos puderam, ao término das etapas da pesquisa, elaborar mapas conceituais que apresentaram a unidade conceitual da termodinâmica.

Em função da metodologia adotada nesta pesquisa, conseguiu-se trabalhar todo o conteúdo da termodinâmica previsto. Os dados revelaram que os graduandos aprenderam a produzir mapas conceituais, processo que foi vivenciado na prática, elaborando os mapas (MC1, MC2 e MC3) qualificando o ato de ensinar, assim, os mapas conceituais enquanto ferramenta pode ser utilizado ao mesmo tempo, para o ensino e para avaliar o resultado da aprendizagem e, também, oferecer ao docente a organização hierárquica dos conceitos.

De alguma maneira, podemos dizer que conseguimos alcançar o objetivo desta pesquisa, pois os dados mostram a adequação da utilização de mapas conceituais para o ensino de física. Mas, também apontam que os mapas conceituais revelam a objetividade do ato de ensinar, pois, para hierarquizar e

diferenciar conceitos, reintegrando-os em uma totalidade, devemos ter assimilados os conceitos que foram trabalhados, sabendo de antemão que a aprendizagem é um ato individual, de internalização conceitual por parte do aluno e conseqüentemente depende de sua formação histórico-cultural.

Esta pesquisa também é relevante por apontar o mapa conceitual como uma estratégia de ensino potencializadora da aprendizagem significativa, possibilitando a organização hierárquica dos conceitos apreendidos, bem como, por oportunizar a criação de um material didático para o ensino de termodinâmica. Mesmo sendo um instrumento que se mostra eficiente para o ensino de ciências, os resultados alcançados dependem de uma gama de variáveis, como por exemplo, o nível da turma, seus subsunçores, os conteúdos a serem trabalhados, entre outras possibilidades. Por outro lado, estes mesmos resultados, estão marcados pelas categorias elaboradas para avaliar os mapas dos graduandos. Assim, pensar na elaboração de diferentes categorias podem nos levar a novas pesquisas, bem como dar objetividade ao ensino e à avaliação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACHELARD, Gaston. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. 5 ed. Tradução de Estela dos S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARRETO, Elba Siqueira de Sá (org.). Tendências Recentes do Currículo do Ensino Fundamental no Brasil. In: _____. Os Currículos do Ensino Fundamental para as Escolas Brasileiras. Campinas: Autores Associados; São Paulo: Fundação Carlos Chagas, 1998. Coleção Formação de Professores. p. 5-42.

BRAGA, E. M. Os elementos do processo de ensino-aprendizagem: da sala de aula à educação mediada pelas tecnologias digitais da informação e da comunicação (TDICs). Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas, Minas Gerais, n.02, Ano 1, Outubro/2012.

BRASIL, Secretaria de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: MEC/SEB, 2011.

BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BORUCHOVICTH, E; SOUZA, Nadia A. Mapa conceitual: seu potencial como instrumento avaliativo. Pro-Posições, Campinas, v.21, n. 3 (63), p. 173-192, set./dez. 2010.

BORUCHOVICTH, E; SOUZA, Nadia, A. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. Educação em Revista, Belo Horizonte, v.26, n. 3, p. 195-218, dez. 2010.

CARVALHO, A. M. P; VANNUCCHI, A. O currículo de Física: inovações e tendências nos anos noventa. Revista Investigações em Ensino de Ciências, v.1, n.1, pp. 3-19, 1996.

CHIQUETTO, M.J. O currículo de Física do ensino médio no Brasil: discussão retrospectiva. Revista e-curriculum, São Paulo, v.7, n. 1, Abril/2011.

EDITORIAL. Ensino de Física: Reflexões. RBEF, v.27, n.3, pp. 311-312, 2005.

FRACALANZA, Hilário. O que sabemos sobre os livros didáticos para o Ensino de Ciências no Brasil. São Paulo, 1992. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade Educação, Universidade de Campinas.

HEINECK, Renato. O ensino de Física na escola e a formações de professores: reflexões e alternativas. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.16, n.2, pp. 226-241, Agosto/1999.

JUNIOR, Valter C. A utilização de mapas conceituais como recurso didático para a construção e inter-relação de conceitos. Revista Brasileira de Educação Médica, São Paulo, v. 37 (3), p. 441-447, 2013.

KAWAMURA, Maria Regina Dubeux; HOSOUME, Yassuko. A contribuição da Física para um novo Ensino Médio. Física na Escola, v.4, n. 2, p. 22-27, 2003.

MOREIRA. Marco Antonio. Teorias de Aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.

NARDI, Roberto. Pesquisas em ensino de Física. São Paulo: Escrituras, 1998. (14)

CAMPOS, K. E. Estágio Supervisionado: formação inicial dos licenciandos da Unemat/Cáceres para o uso da tecnologia digital. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Educação, Cuiabá, 2013.

NETO, Jorge Megid. Pesquisa em ensino de Física do 2º Grau no Brasil: concepção e tratamento de problemas em teses e dissertações. 1990. 279p. Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1990.

ROSA, P. R. S. O que é ser professor? Premissas para a definição de um domínio da matéria na área de ensino de ciências. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.16, n.2, pp. 195-207, Agosto/1999.

ROSA, Cleci Werner da; ROSA, Álvaro da. Ensino de Física: objetivos e imposições no Ensino Médio. Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias, v.4, n. 1, 2005.

RICARDO, E.C. Texto elaborado em versão preliminar para subsidiar as discussões regionais e nacionais referentes aos rumos que serão dados ao ensino de física a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio. Brasília, MEC 2004.

SANTOS, Zanon T. S. dos. Ensino de entropia: um enfoque histórico e epistemológico. Tese (Doutorado em Educação), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Sociais Aplicadas Natal, 2009.

SEARS, Francis W. & ZEMANSKY, Mark. **Física** Vol. II – Colaborador A. Lewis Ford. Tradução: Cláudia S. Martins. Revisão Técnica: Adir M. Luiz. São Paulo: Addison Wesley, 2008 (12ª edição).

SILVA, Jose Pereira da. Livro didático de Física: qualidade e utilidade em sala de aula. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Federal da Paraíba, PPGE/CE/UFPB, João Pessoa, 2010.

ZIMMERMANN, Erika. Modelos de pedagogia de professores de Física: características e desenvolvimento. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.17, n.2, pp. 150-173, Agosto/2000.

ANEXOS

ANEXO 1 – PRÉ – TESTE



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS**

Caro estudante, solicito a sua colaboração em responder este questionário. As informações serão utilizadas na dissertação de mestrado de Benedito Carlos de Jesus, mestrando do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais da UFMT. Este trabalho está sendo orientado pelo Prof. Dr. Carlos Rinaldi. Desde já agradeço vossa inestimável ajuda.

QUESTIONÁRIO

A – IDENTIFICAÇÃO DOS APRENDIZES.

A1 – Dados Pessoais

Nome: _____

Sexo: () Masculino () Feminino Ano de Nascimento: _____

Cidade: _____ UF: _____

Email: _____

A2 – Formação Acadêmica.

Nível de ensino	Curso	Ano de conclusão	Instituição
Ensino médio			
Graduação			
Especialização			
Mestrado			

A3 – Dados Profissionais relacionados com a pesquisa.

a) Em relação à disciplina de FÍSICA assinale o conteúdo que você já estudou:

() Movimento uniforme – MU

- Movimento uniforme variado – MUV
- Cinemática vetorial
- Leis de Newton e suas aplicações
- Gravitação Universal
- Trabalho, Potencia e Energia
- Princípio da conservação da quantidade de movimento
- Estática e Hidrostática
- Calor e Temperatura
- Dilatação dos sólidos e dos líquidos
- Calor e mudança de fase
- Estudos dos Gases
- Estudo da Termodinâmica

b) Em relação ao conteúdo de FÍSICA – Estudo dos gases, assinale o que você já estudou:

- O estado gasoso
- Transformação isotérmica
- Transformação isobárica
- Transformação isovolumétrica ou isocórica
- Equação de um estado de um gás ideal
- Lei geral dos gases ideais

c) Em relação ao conteúdo de FÍSICA – 1ª Lei da Termodinâmica, assinale o que você já estudou:

- Trabalho em uma transformação gasosa
- Energia interna
- 1ª Lei da Termodinâmica
- Aplicação da 1ª Lei: transformação isobárica
- Aplicação da 1ª Lei: transformação isocórica
- Aplicação da 1ª Lei: transformação isotérmica
- Aplicação da 1ª Lei: transformação adiabática

d) Em relação ao conteúdo de FÍSICA – 2ª Lei da Termodinâmica, assinale o que você já estudou:

- Transformações cíclicas

- () 2ª Lei da Termodinâmica
- () Máquinas Térmicas
- () Ciclo de Carnot: rendimento máximo
- () Máquinas Frigoríficas: transformações de trabalho em calor
- () Entropia

B – SOBRE A FERRAMENTA DE ENSINO: O MAPA CONCEITUAL.

B1 – O que é mapa conceitual?

B2 – De acordo com o nível de escolaridade estudado, assinale sim ou não na alternativa ou nas alternativas em que seu professor aplicou a ferramenta de ensino: mapa conceitual.

Ensino Fundamental:

() sim () não

Ensino Médio:

() sim () não

Ensino Superior:

() sim () não

C – SOBRE O CONTÉÚDO DA FÍSICA: ENTROPIA

C1 – Qual é o termo físico empregado como uma medida de grau de desordem?

C2 – Faça a distinção entre a 1ª Lei e a 2ª Leis da Termodinâmica em termos de ocorrência ou não de exceções a elas. Pode utilizar de exemplos.

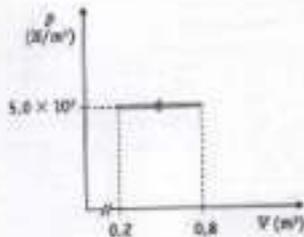
C3 – Como a 2ª Lei da Termodinâmica pode ser enunciada em termos de energia organizada e de energia desorganizada? Cite pelo menos um exemplo.

C4 – Descreva o processo de entropia?

C5 – Em um refrigerador observa-se a transferência de calor de um corpo frio para um corpo mais quente. A segunda lei da termodinâmica, enunciado por Clausius, afirma que: “O calor não passa espontaneamente de um corpo frio para um corpo mais quente”. Escreva um texto explicando por que o funcionamento de um refrigerador não contaria o enunciado da segunda lei proposto por Clausius.

ANEXO 2 – TEXTO E INTERPRETAÇÃO – APENAS A “PASSAGEM DE IDA” OU O SENTIDO DO TEMPO

- b) esse trabalho foi realizado pelo gás ou sobre ele?
- c) sabendo-se que a quantidade de energia transferida à substância, na forma de calor, foi de 1 000 cal, qual foi sua variação de energia interna? (Adote $1,0 \text{ cal} = 4,0 \text{ J}$.)

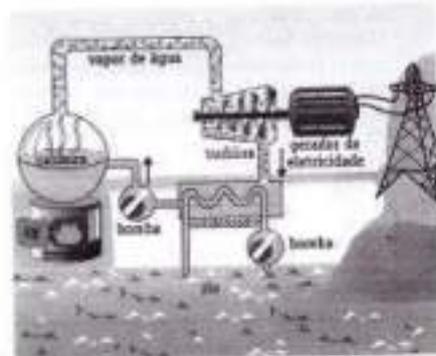


Exercício 18

17. O que se pode dizer sobre o aproveitamento energético de uma máquina térmica quando:
- a variação da energia interna da substância da operação é nula?
 - a variação da energia interna é igual à quantidade de energia transferida à substância da operação?
18. A figura é um diagrama de uma usina termoeletrica em que foram identificadas seis

componentes principais. Com base nesse diagrama, responda:

- qual é a função da substância que representa para a usina a “fonte” de energia?
- qual é a substância de operação nessa usina?
- que trabalho é realizado pela substância de operação? Onde ele ocorre?
- onde ocorrem e quais são as mudanças de estado físico da substância de operação?
- qual é o papel exercido pelo circuito no qual flui a água do rio?



Exercício 18

TEXTO E INTERPRETAÇÃO

Apenas a “passagem de ida” ou o sentido do tempo

A primeira lei da termodinâmica considera que a energia total do universo mantém-se constante. Essa total corresponde a diversas parcelas de energia que podem se transformar umas nas outras: energia química transforma-se em cinética, em térmica; energia potencial de interação gravitacional transforma-se em cinética, em elétrica, etc. Isso significa que a primeira lei não faz nenhuma restrição à transformação de energia; para ela, todas as transformações de energia são possíveis.

Fonte: FILHO, Aurélio Gonçalves. TOSCANO, Carlos. Física para o ensino médio: volume único. São Paulo: Scipione, 2002 – Série Parâmetros.

A análise do funcionamento da máquina a vapor, entretanto, comprovou que boa parte da energia térmica presente na máquina não se transformou em trabalho, mas é transferida ao ambiente, perdendo sua utilidade. Esse fato complementa a primeira lei da termodinâmica porque, ainda que a ideia de conservação fosse extremamente importante nas diversas transformações de um tipo de energia em outro, alguma coisa se perde.

O aprimoramento da máquina a vapor nos séculos XVIII e XIX possibilitou que seu rendimento melhorasse muito. Em 1824, o engenheiro francês Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832) publicou um estudo sobre a máquina a vapor em que propunha um limite para esse rendimento inferior a 100%. Isso significa que a máquina não possa produzir mais que uma certa quantidade de trabalho. Segundo Carnot, o máximo de rendimento ($\eta_{\text{máx}}$), obtido quando ela operasse com eficiência perfeita, resultaria do quociente da diferença de temperatura entre a parte mais quente da máquina (T_1) e a parte mais fria (T_2) dividido pela temperatura da parte mais quente, ou seja,

$$\eta_{\text{máx}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Nessa expressão, as temperaturas devem estar em Kelvin. Note que o rendimento pode ser no máximo 1, isto é, 100% se T_2 for zero Kelvin, o que, na prática, é impossível.

Representada no diagrama da pressão pelo volume, esta máxima eficiência corresponderia a um ciclo fechado e reversível, constituído de duas transformações isotérmicas (que mantêm a temperatura constante) e duas adiabáticas (em que não há transferência de energia, na forma de calor, para o ambiente), intercaladas entre si (figura 20).

O estudo de Carnot tornou evidente uma questão importante: embora a quantidade de energia total se mantenha constante, na transformação de energia operada pela máquina a vapor, verifica-se que parte da energia não pode ser mais aproveitada, pois dissipa-se no ambiente exterior. Isso ocorre porque, como o ambiente está a uma temperatura menor que a da máquina, os objetos mais quentes aquecem espontaneamente os mais frios. Porém, é justamente essa diferença de temperatura que possibilita a realização de trabalho.

No motor do automóvel, por exemplo, a mistura de ar e combustível é comprimida à temperatura ambiente. Com a explosão da mistura, a temperatura dos gases produzidos eleva-se consideravelmente, provocando um aumento muito grande da pressão, o que possibilita a realização de trabalho por esses gases. Para iniciar outro ciclo, os gases são expelidos e lançados ao meio, que sofre aquecimento ao receber matéria em temperatura mais elevada.

O fato de os objetos mais quentes aquecerem os mais frios é uma manifestação da **irreversibilidade** dos processos de certos fenômenos que observamos no universo, como a vida dos seres, cujo processo vai do nascimento à morte.



Figura 21: Sadi Carnot.

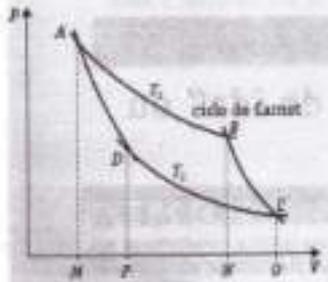


Figura 20: Ao lado das curvas das transformações isotérmicas, aparecem suas temperaturas.

Fonte: FILHO, Aurélio Gonçalves. TOSCANO, Carlos. Física para o ensino médio: volume único. São Paulo: Scipione, 2002 – Série Parâmetros.

A diminuição gradativa da energia disponível para realização de trabalho também confirma o fato de que nem todas as transformações de energia são reversíveis. No final do século XIX, o físico e matemático escocês William Thomson (1824-1907) previu, com base na ideia da diminuição da energia disponível, que todos os objetos adquiririam a mesma temperatura, o que tornaria impossível produzir trabalho mecânico como resultado da transferência de energia na forma de calor. Essa análise provocou o surgimento de previsões catastróficas acerca do fim da vida na Terra, do esfriamento do Sol, influenciando a literatura, a pintura, a história, etc.



Figura 21: Clausius.



Figura 22: Boltzmann.

O impasse surgido com os trabalhos de Carnot foi resolvido com a **segunda lei da termodinâmica**, também entendida como uma lei geral da natureza, que indica o sentido das transformações de energia possíveis e, assim, expressa a irreversibilidade dos processos de alguns fenômenos da natureza. Na verdade, vários físicos chegaram à segunda lei; cada um enunciou-a de uma forma. Mas, do ponto de vista da física, os enunciados possíveis são equivalentes. Um deles diz que a tendência de os objetos mais quentes aquecerem os mais frios torna impossível obter uma quantidade máxima de trabalho de uma certa quantidade de energia, na forma de calor.

Um dos físicos que contribuíram para a formulação da segunda lei da termodinâmica foi o alemão Rudolf Julius Ermanuel **Clausius**, que viveu entre 1822 e 1888. Ele introduziu o conceito de **entropia**, que representa a medida da quantidade de energia disponível que se transforma em energia não disponível. Quanto maior for a entropia, menor será a quantidade de energia disponível.

Em 1878, o conceito de entropia foi reformulado pelo físico austríaco Ludwig **Boltzmann**. Para ele, a entropia era uma medida de desordem do universo. De acordo com essa concepção, um litro de gasolina representa um estado organizado de moléculas na forma de energia química, e os gases resultantes de sua queima no interior do cilindro indicam a transformação para um estado mais desorganizado das moléculas. A esse estado de maior desorganização correspondia um aumento da entropia.

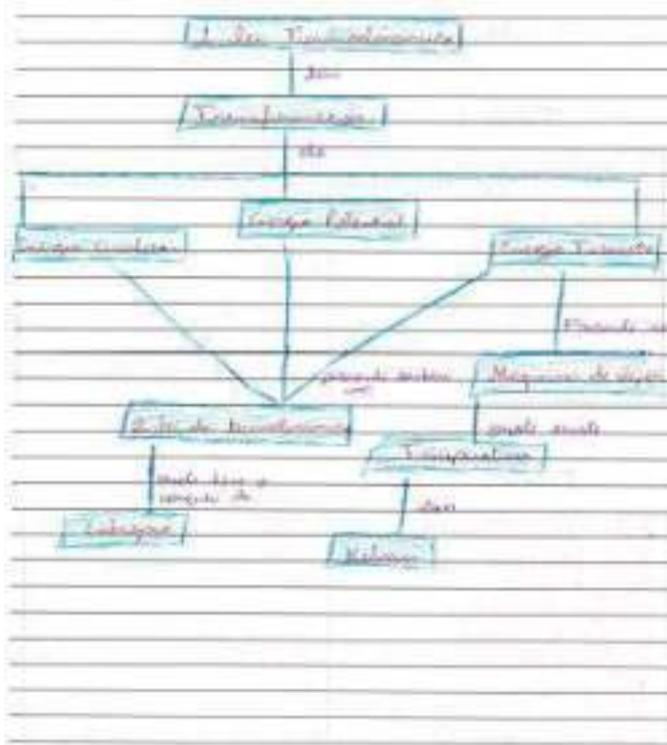
Questões

1. No que consiste a primeira lei da termodinâmica?
2. Qual é a principal contribuição de Carnot para a compreensão da máquina a vapor?
3. Qual é o papel exercido pela fonte fria no funcionamento de uma máquina térmica? Considere, por exemplo, o motor do automóvel.
4. Caracterize as duas ideias essenciais contidas na segunda lei da termodinâmica.
5. É pouco provável que, num baralho já manipulado por jogadores, as cartas estejam ordenadas. Que conceito físico nos ajuda a compreender esse fenômeno?

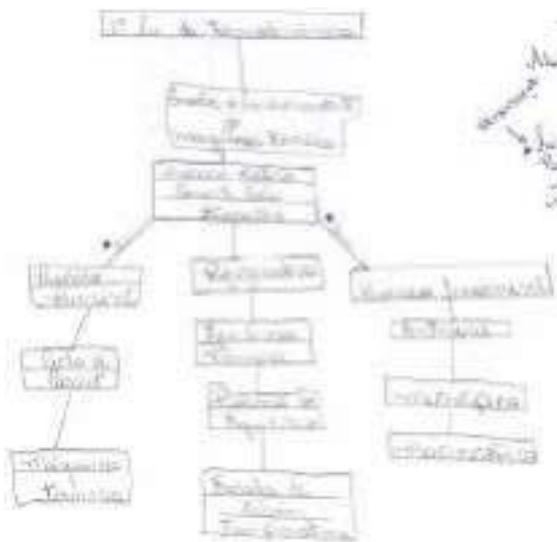
Fonte: FILHO, Aurélio Gonçalves. TOSCANO, Carlos. Física para o ensino médio: volume único. São Paulo: Scipione, 2002 – Série Parâmetros.

ANEXO 3 – CONSTRUÇÃO DO MAPA CONCEITUAL – MC1

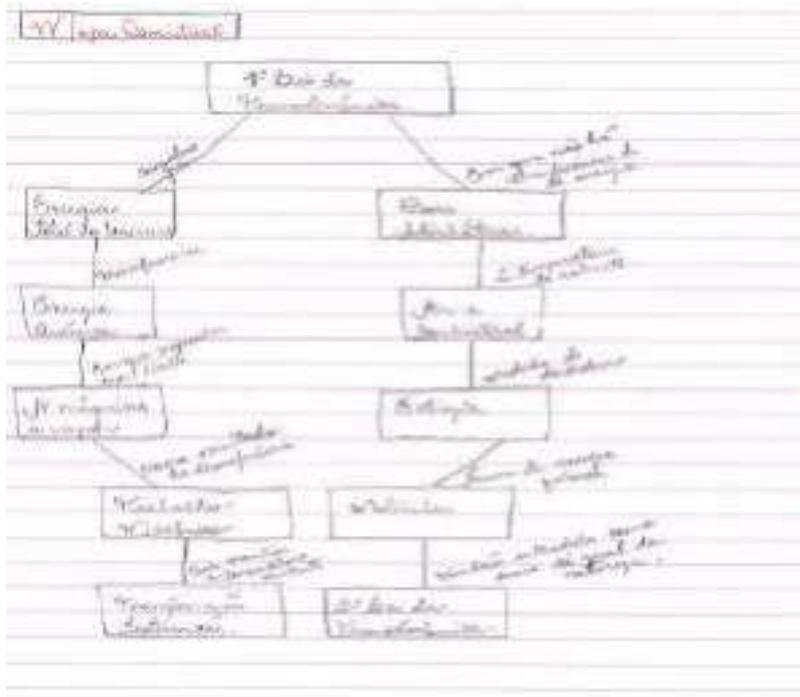
Mapa conceitual do aluno – A1



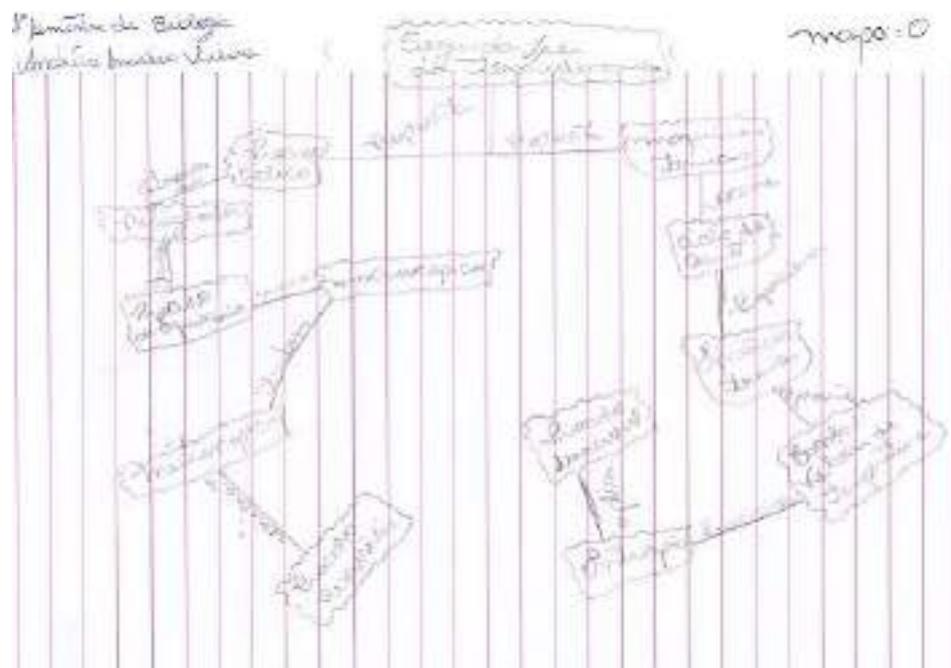
Mapa conceitual do aluno – A2



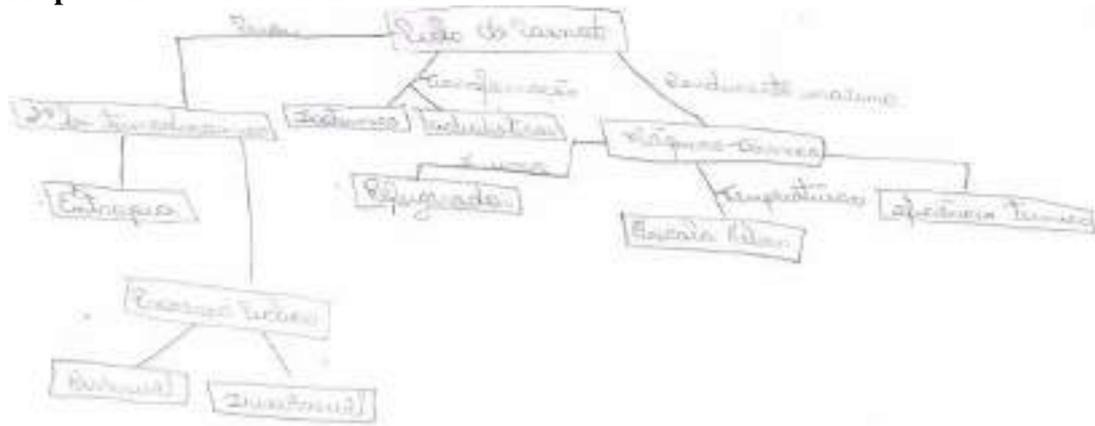
Mapa conceitual do aluno – A3



Mapa conceitual do aluno – A4



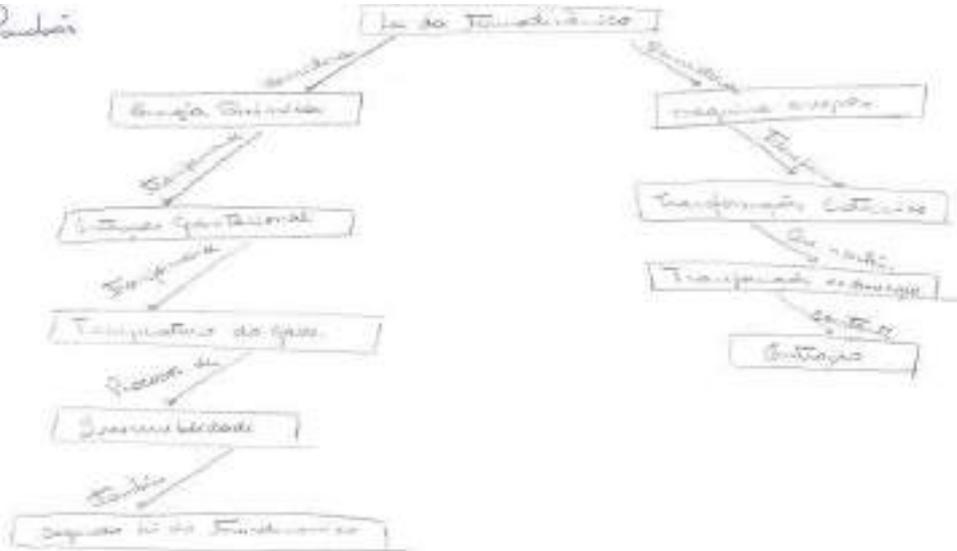
Mapa conceitual do aluno – A5



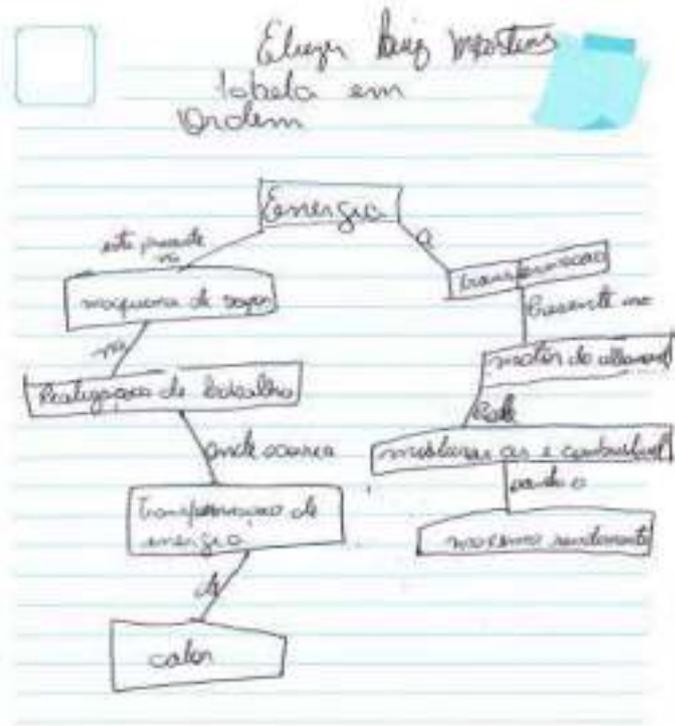
JANNY KAROLINE OLIVEIRA D'ARC

Mapa conceitual do aluno – A7

Deise Pacheco



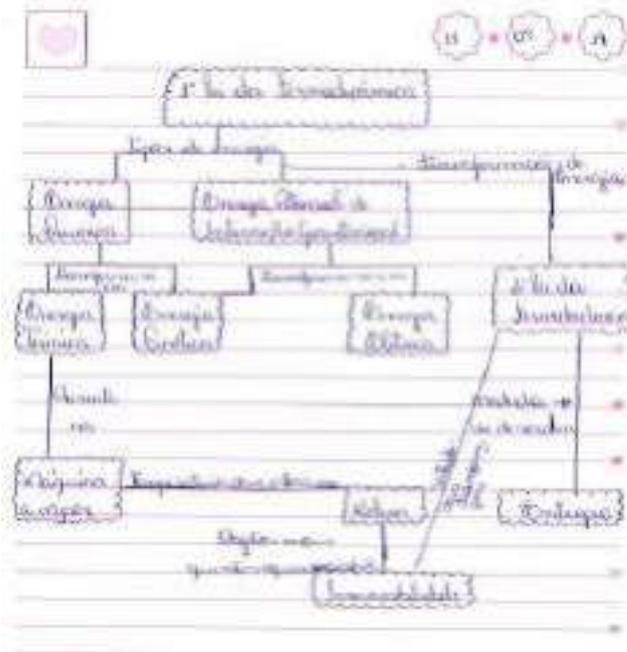
Mapa conceitual do aluno – A8



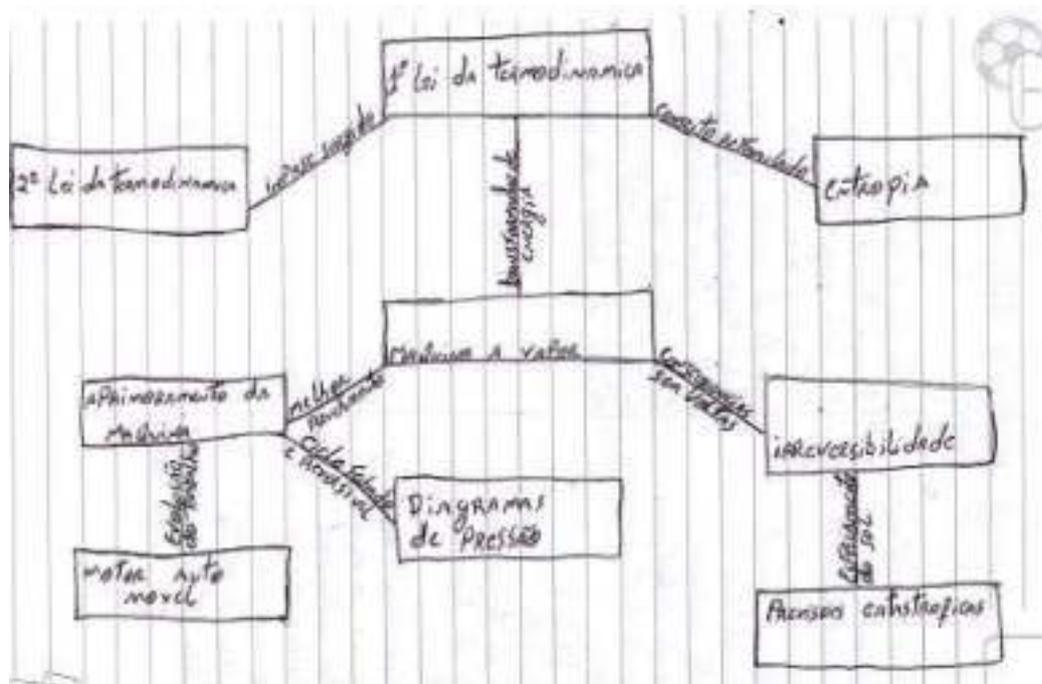
Mapa conceitual do aluno – A9



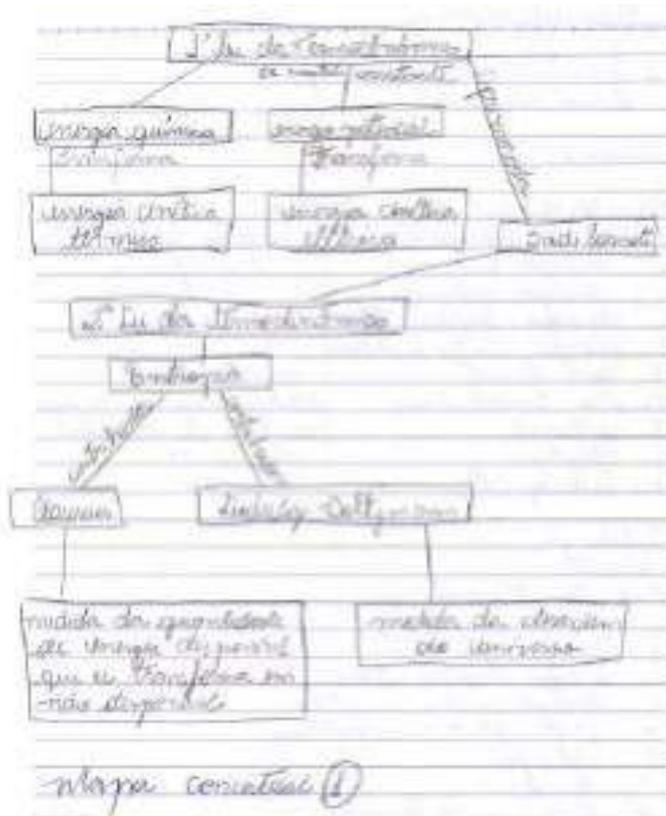
Mapa conceitual do aluno – A10



Mapa conceitual do aluno – A11



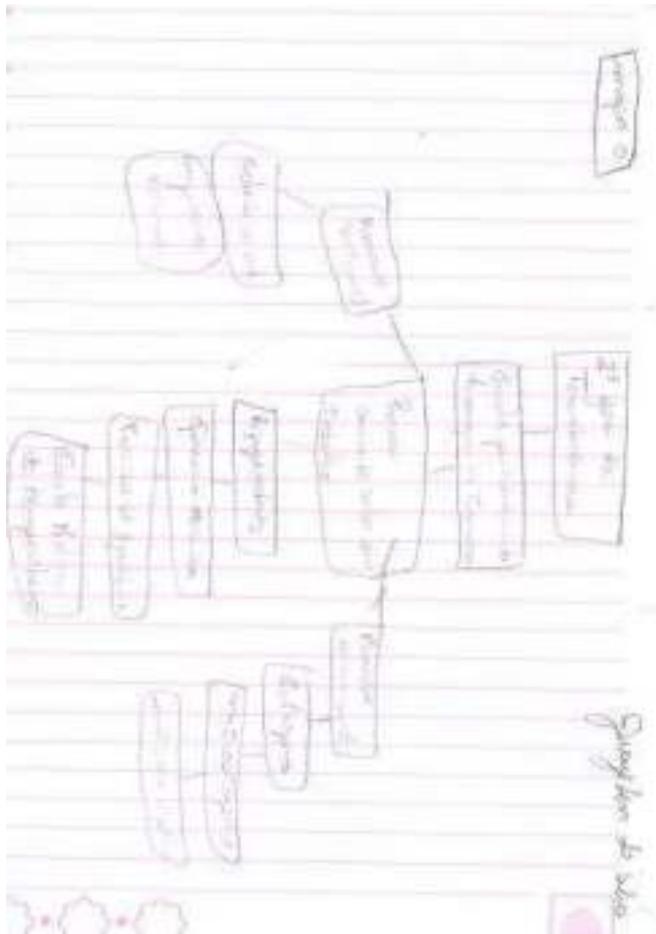
Mapa conceitual do aluno – A12



Mapa conceitual do aluno – A13



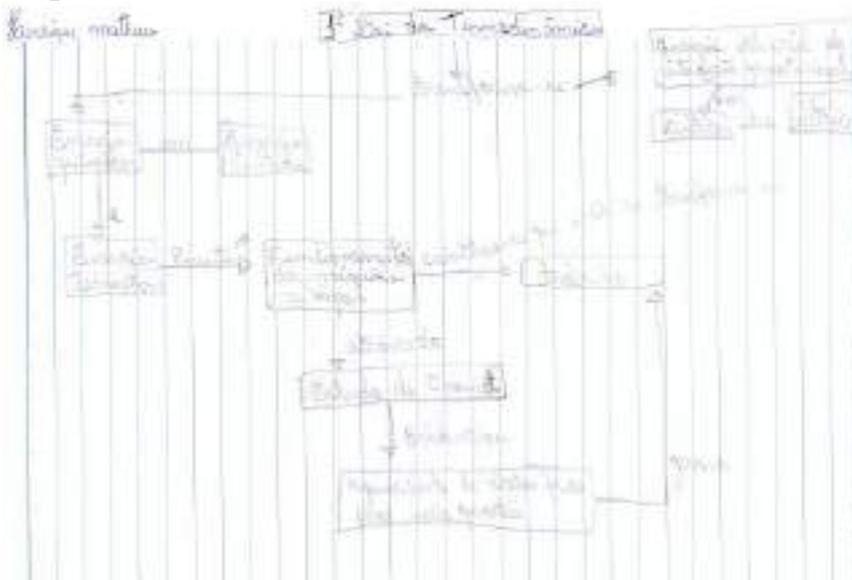
Mapa conceitual do aluno – A14



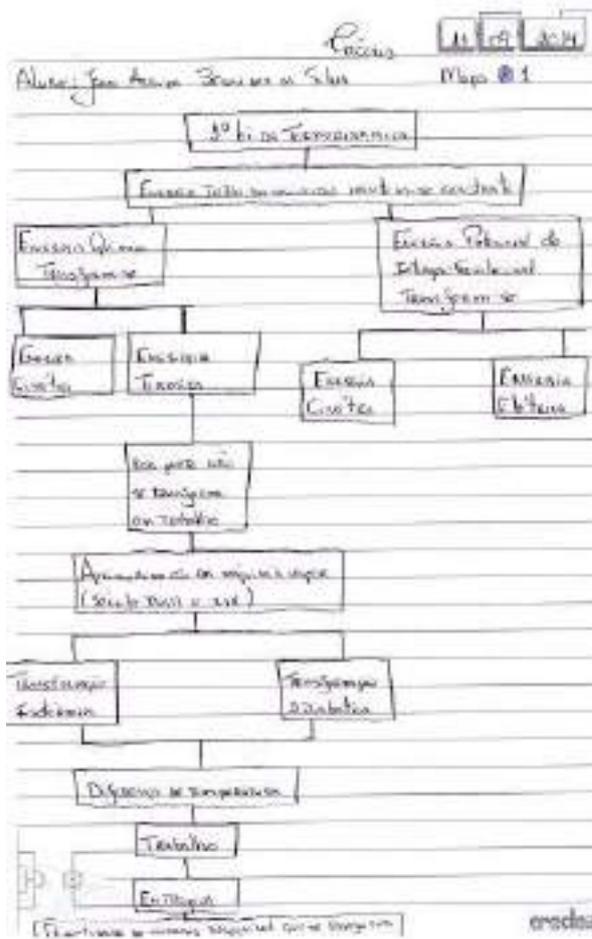
Mapa conceitual do aluno – A15



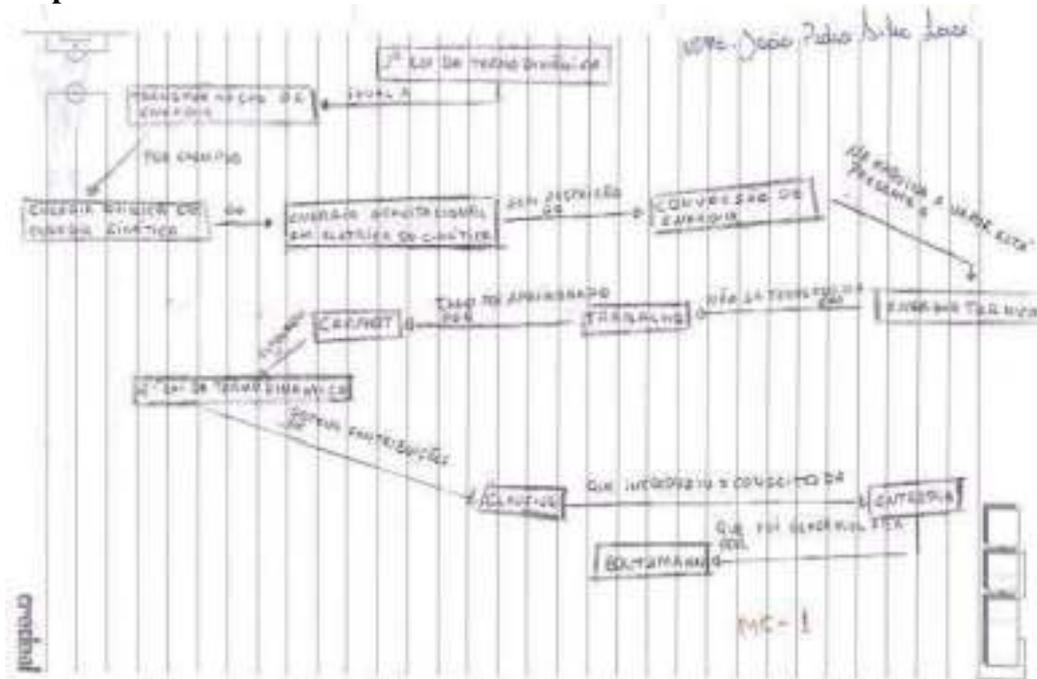
Mapa conceitual do aluno – A16



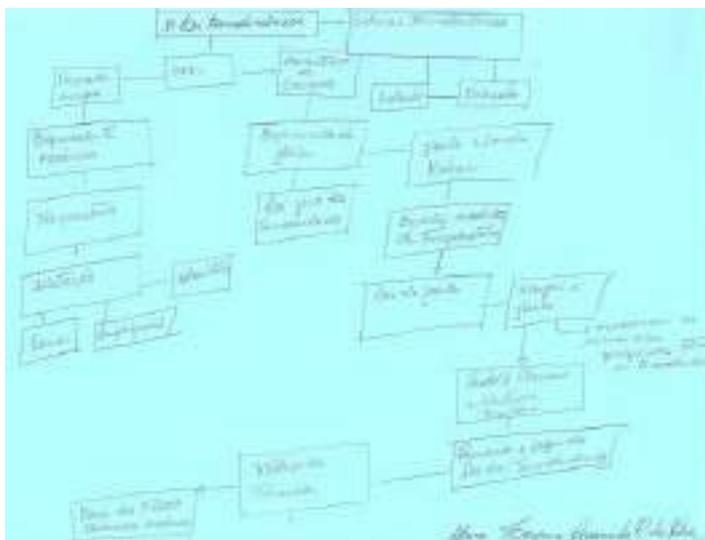
Mapa conceitual do aluno – A17



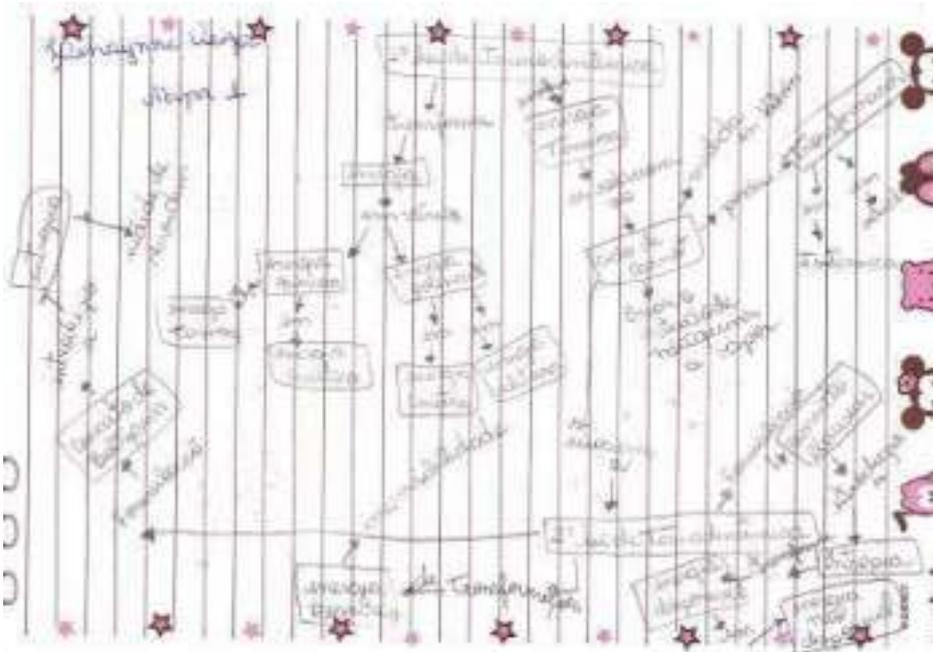
Mapa conceitual do aluno – A18



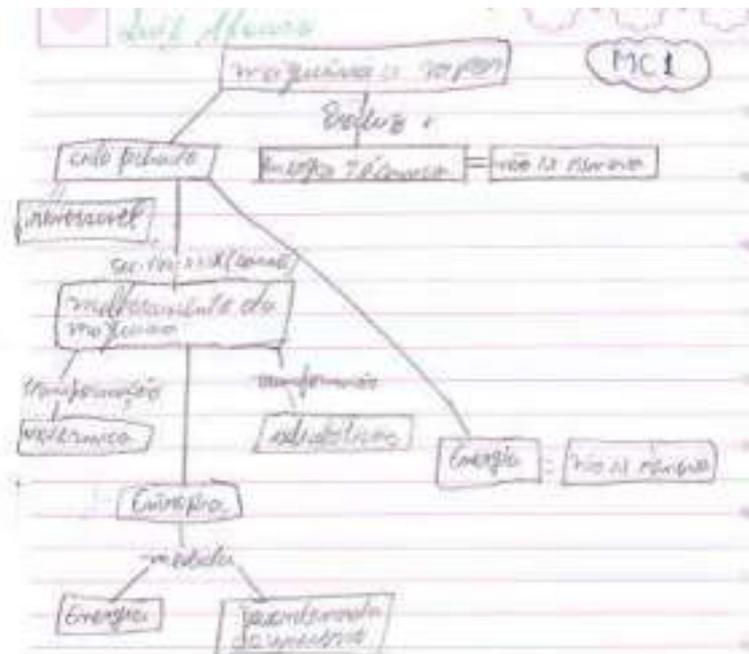
Mapa conceitual do aluno – A19



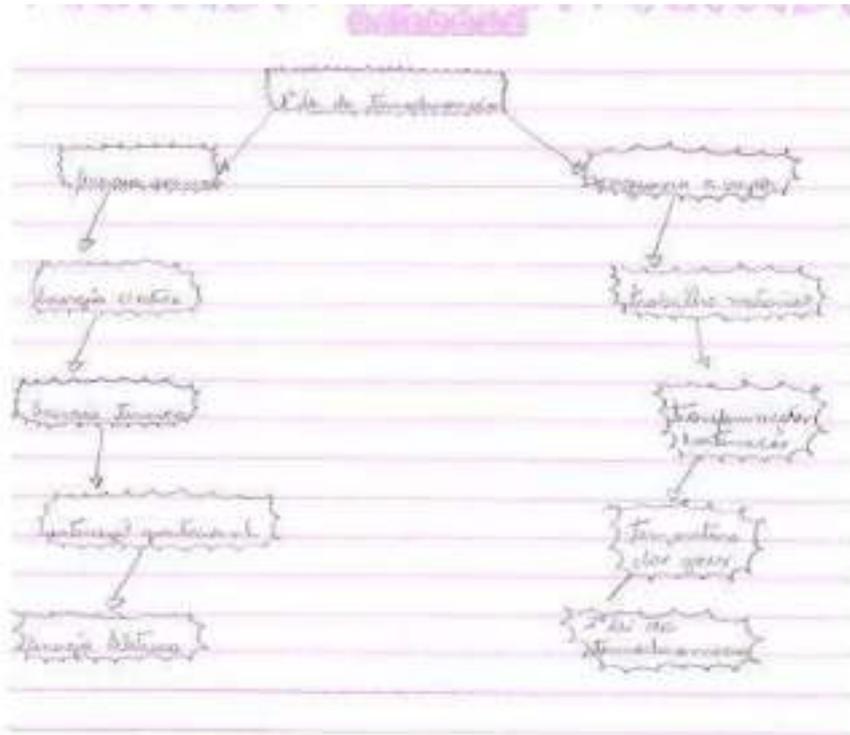
Mapa conceitual do aluno – A20



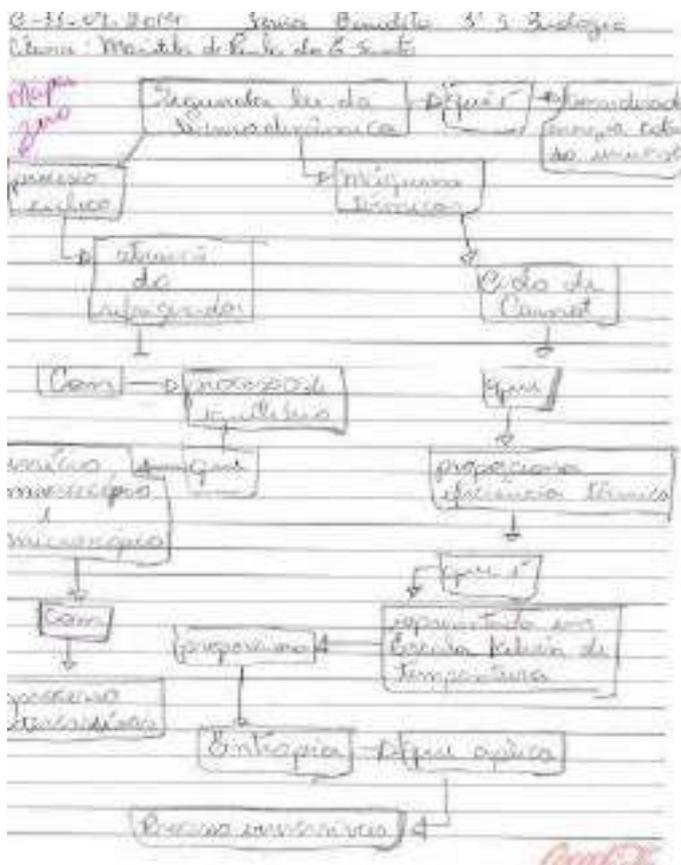
Mapa conceitual do aluno – A21



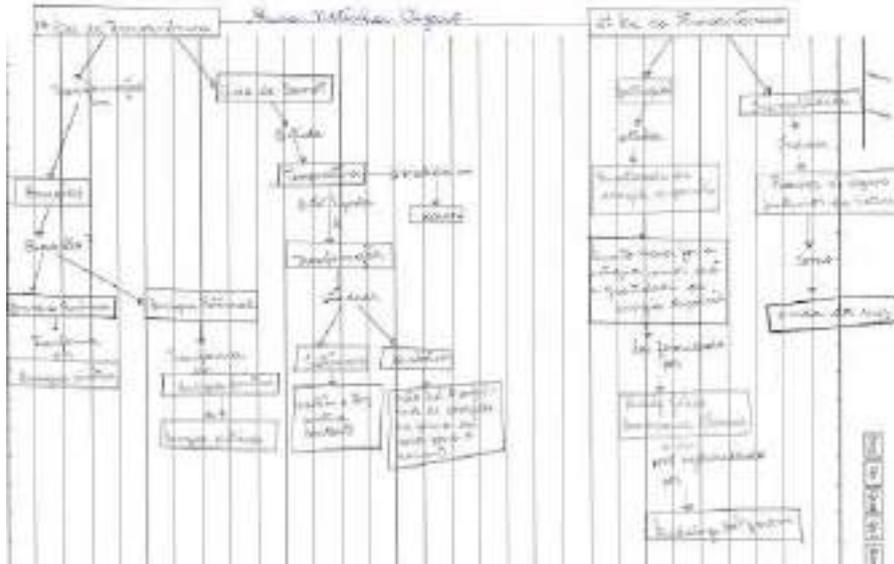
Mapa conceitual do aluno – A22



Mapa conceitual do aluno – A23



Mapa conceitual do aluno – A24

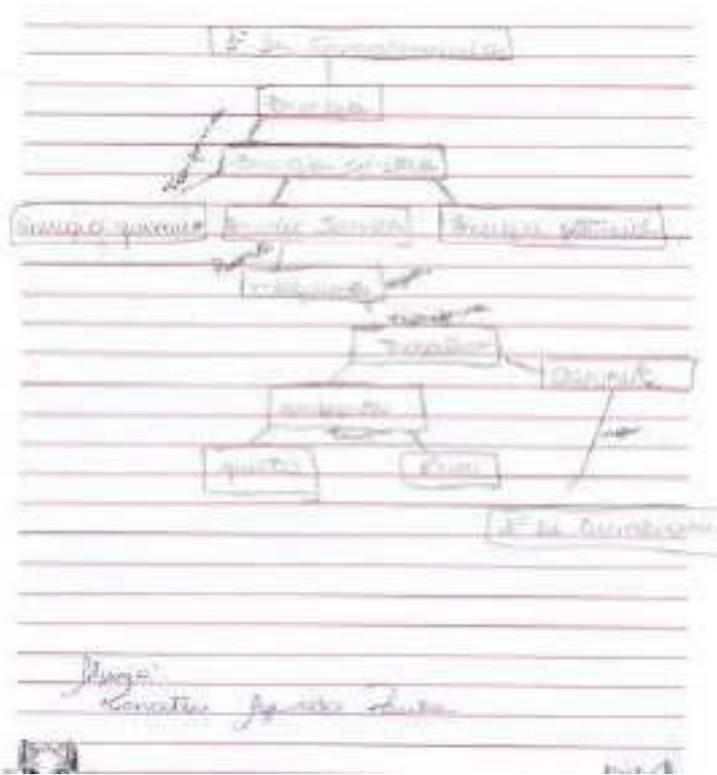


Mapa conceitual do aluno – A25

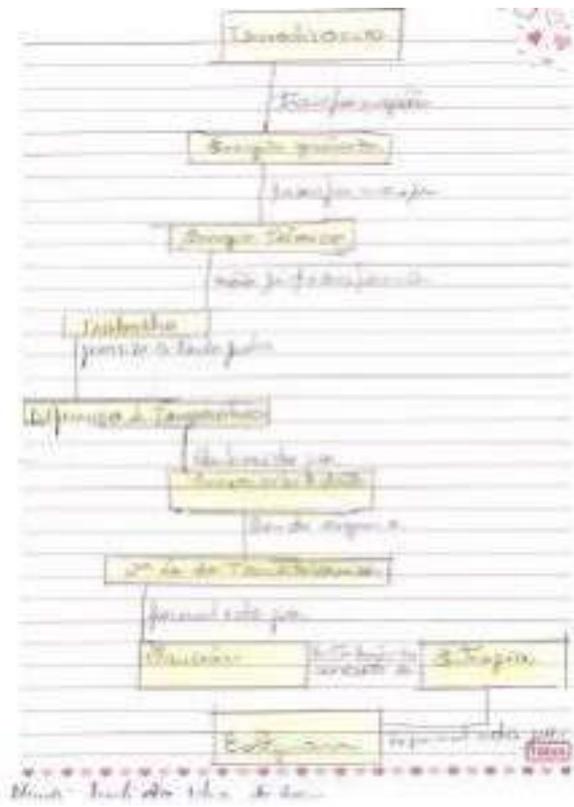


2ª Lei da Termodinâmica

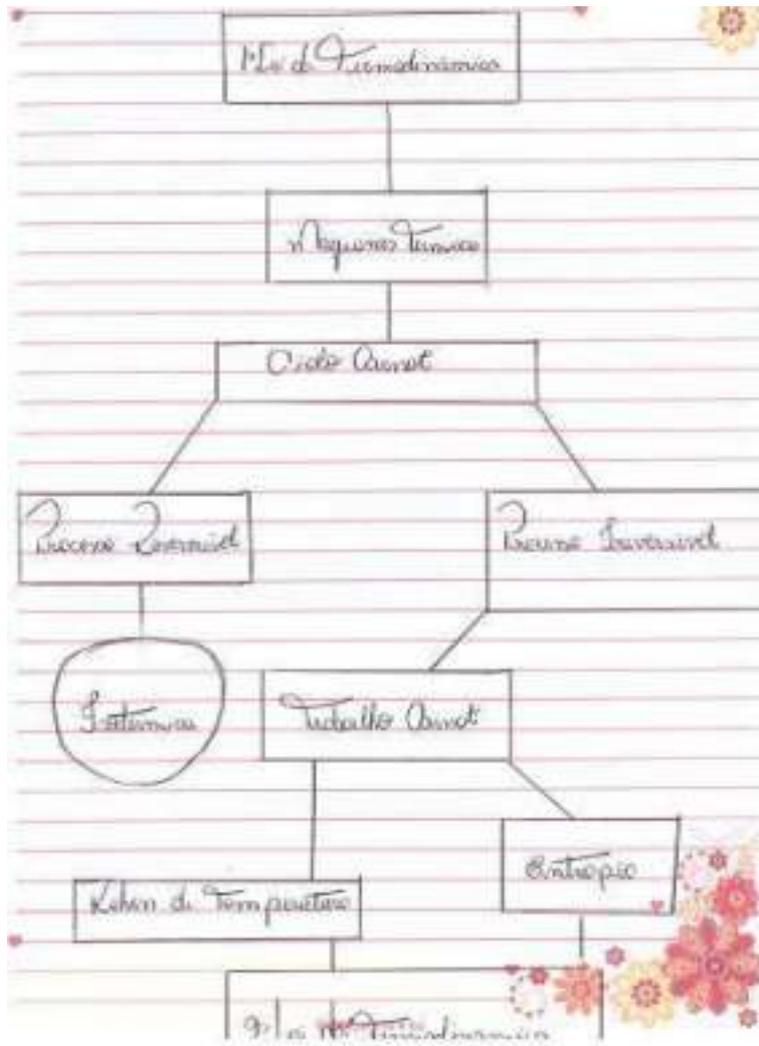
Mapa conceitual do aluno – A26



Mapa conceitual do aluno – A27

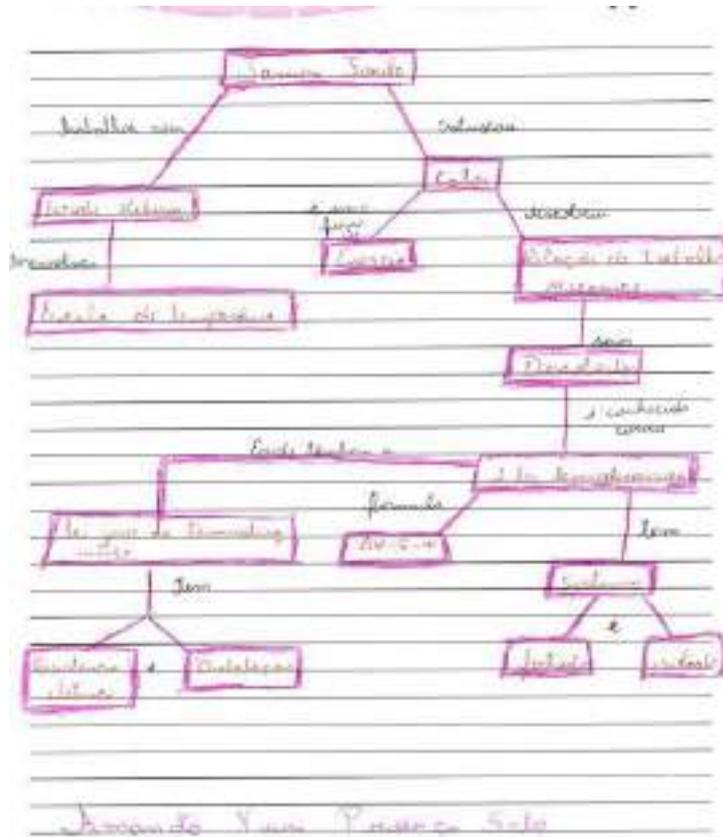


Mapa conceitual do aluno – A28



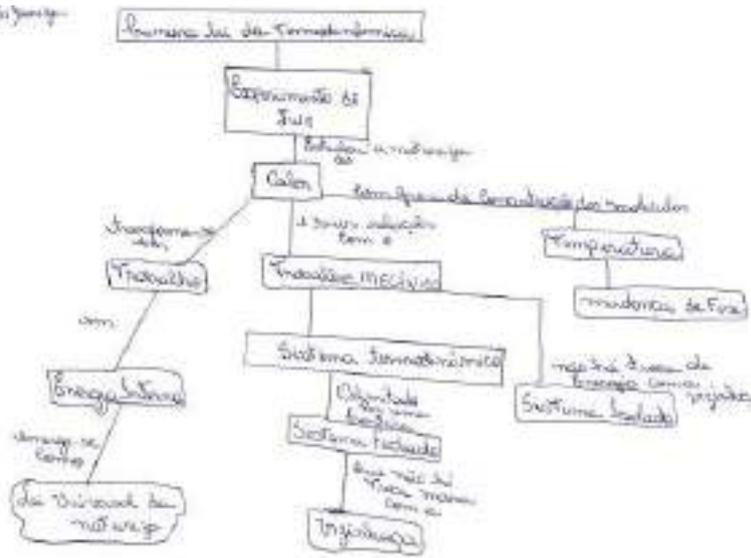
ANEXO 4 – CALOR E A 1ª LEI DA TERMODINÂMICA: CONSTRUÇÃO MAPA CONCEITUAL – MC2

Mapa conceitual do aluno – A1

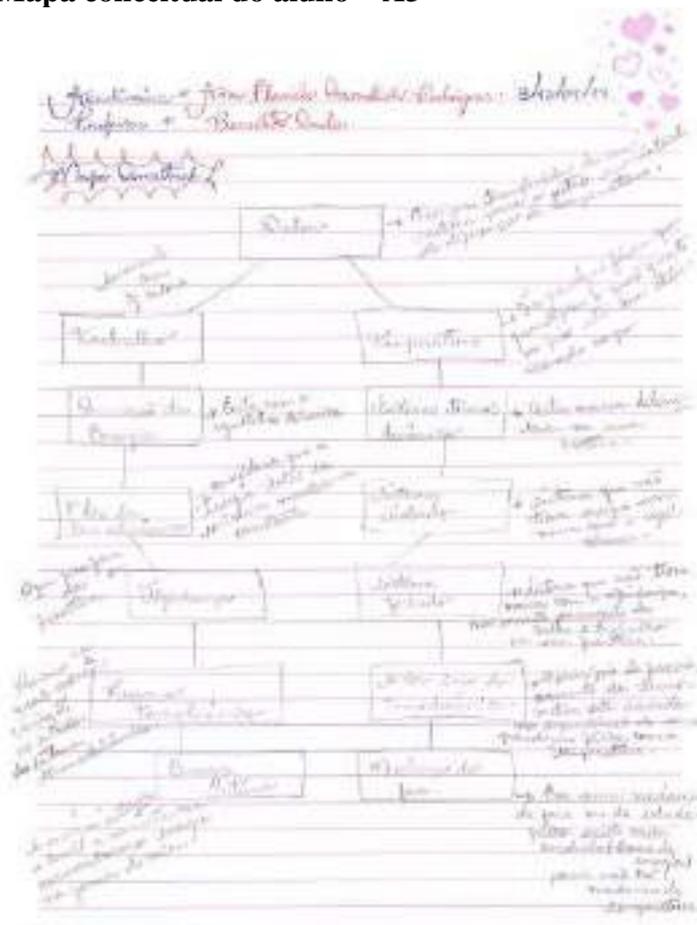


Mapa conceitual do aluno – A2

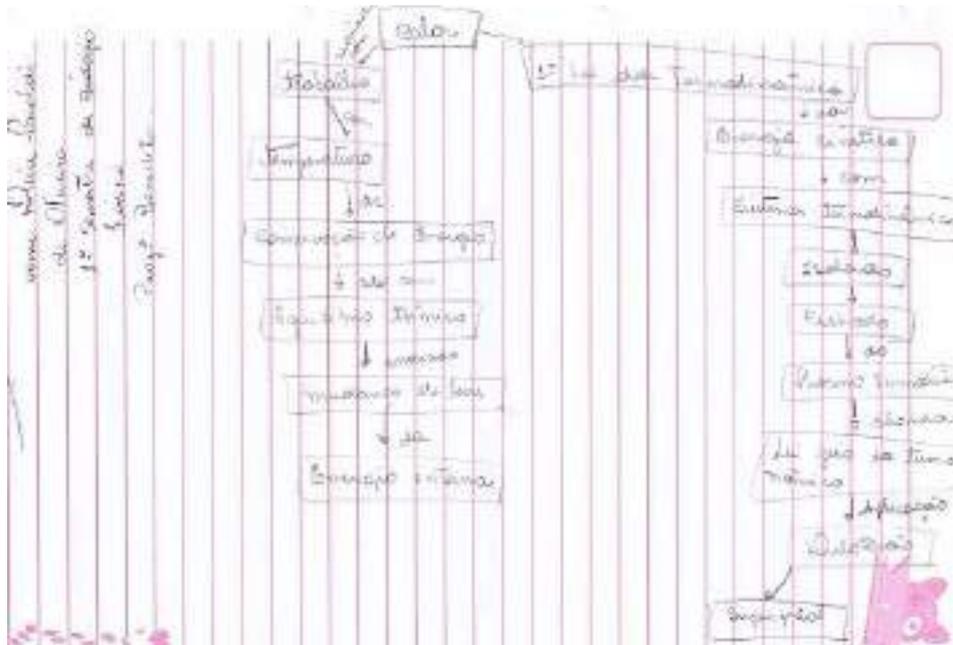
Primeira lista de pontos principais



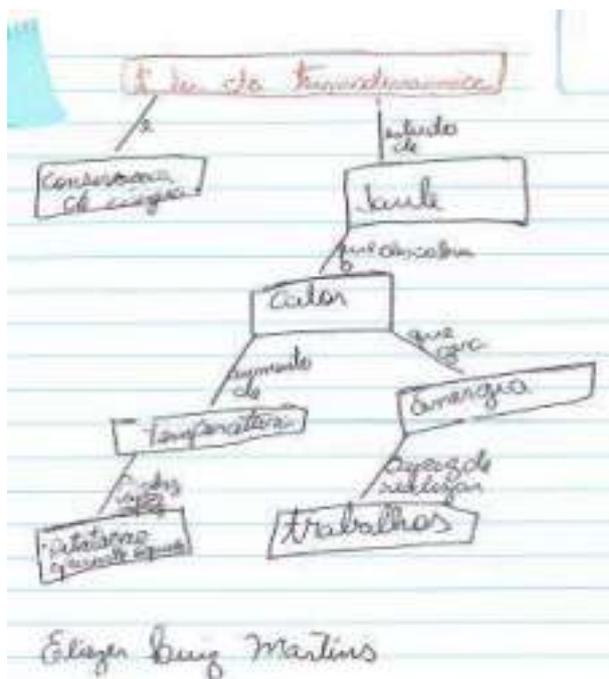
Mapa conceitual do aluno – A3



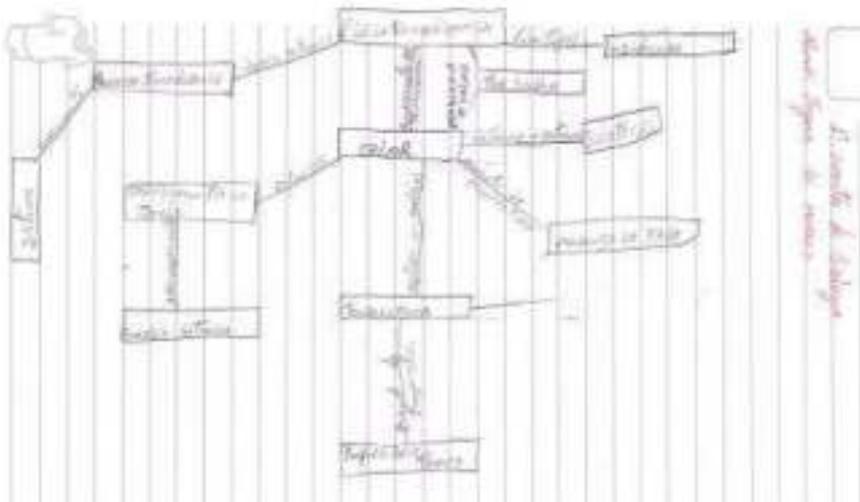
Mapa conceitual do aluno – A7



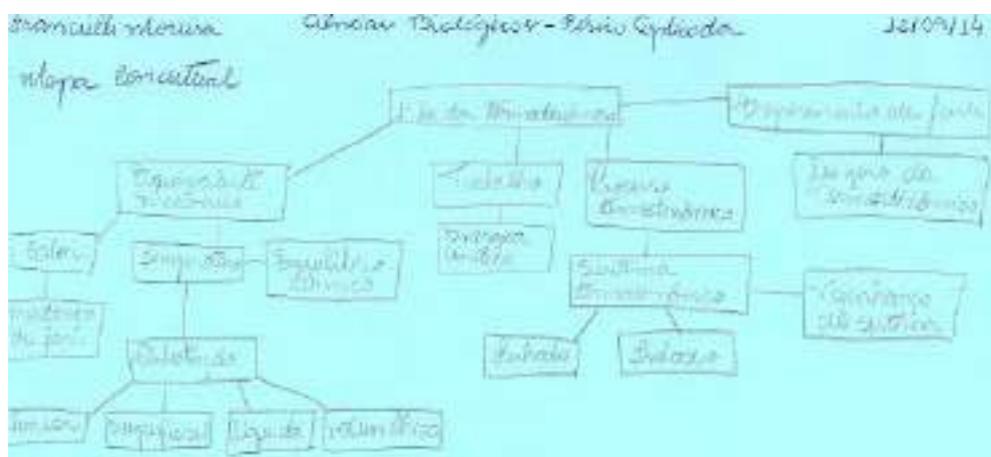
Mapa conceitual do aluno – A8



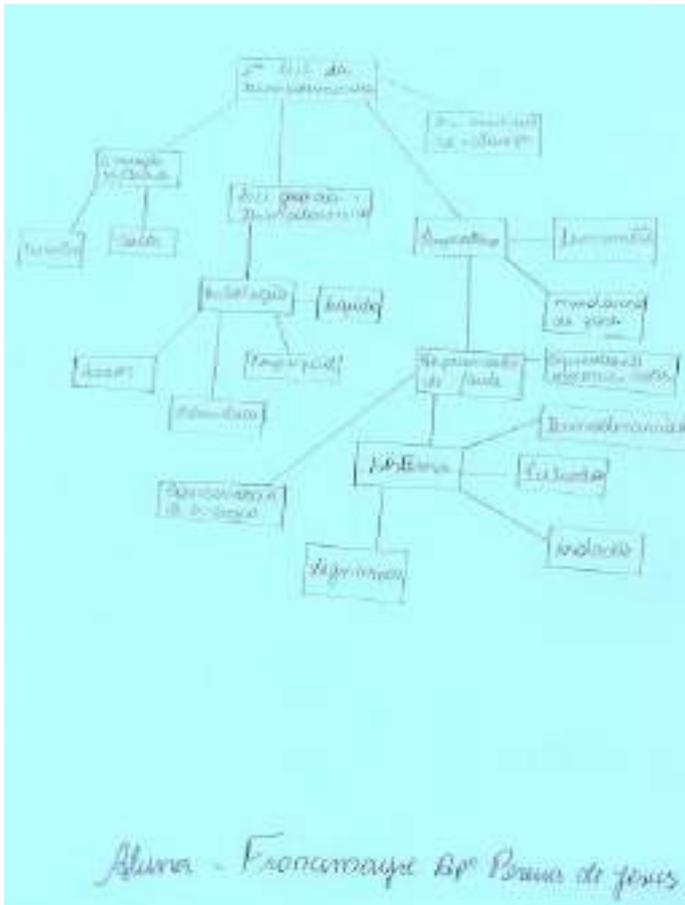
Mapa conceitual do aluno – A11



Mapa conceitual do aluno – A12



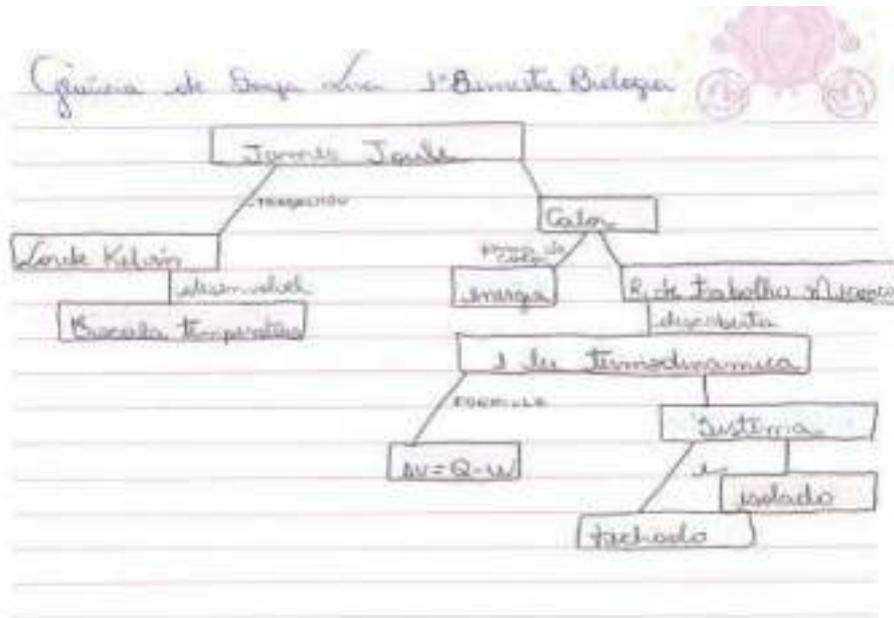
Mapa conceitual do aluno – A13



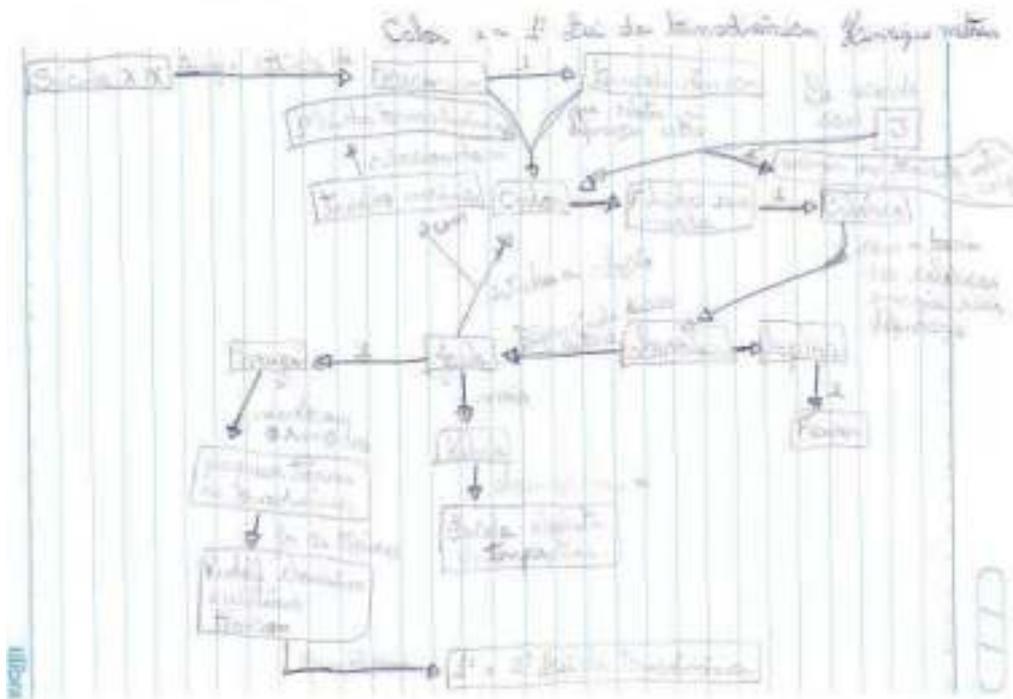
Mapa conceitual do aluno – A14



Mapa conceitual do aluno – A15



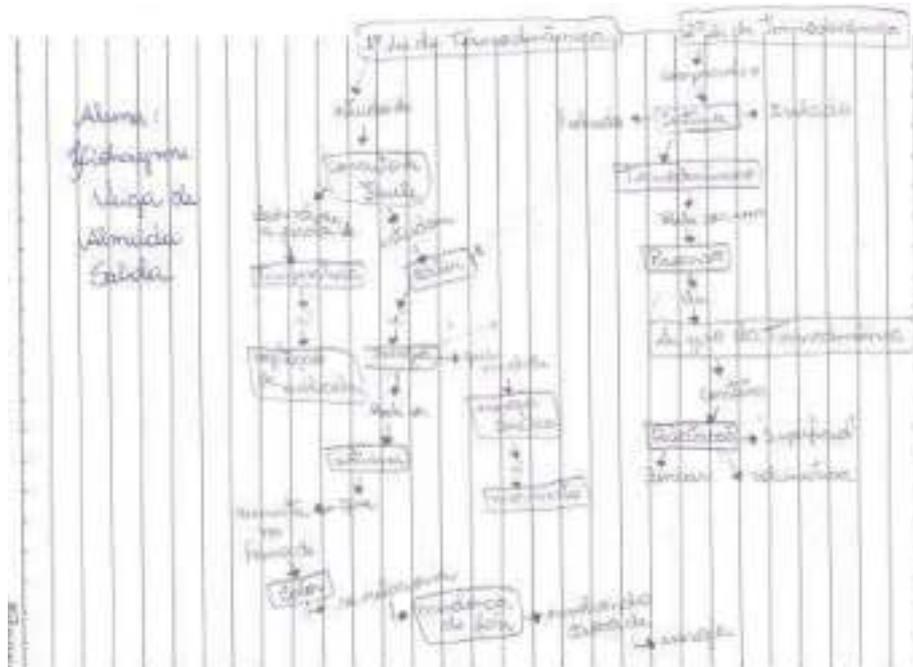
Mapa conceitual do aluno – A16



Mapa conceitual do aluno – A19



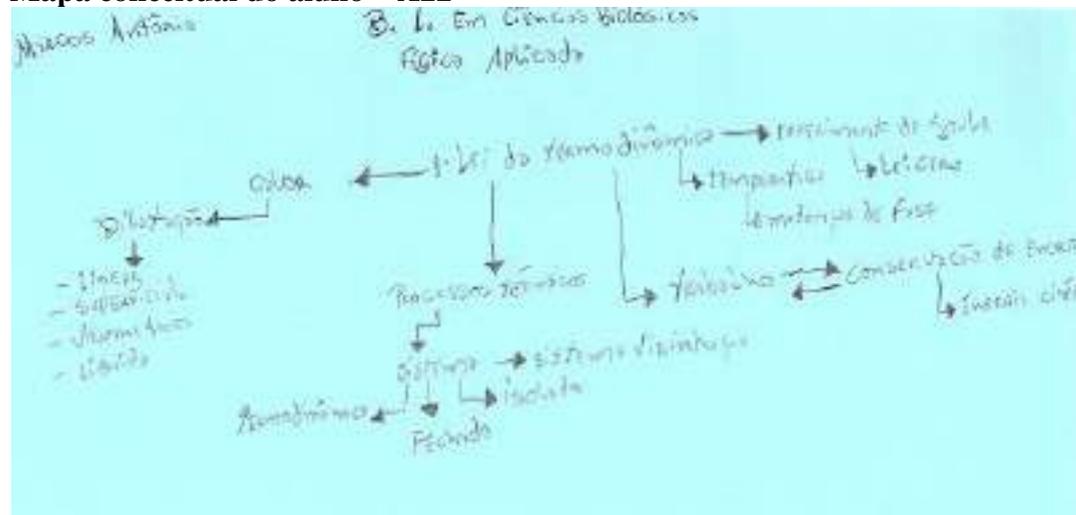
Mapa conceitual do aluno – A20



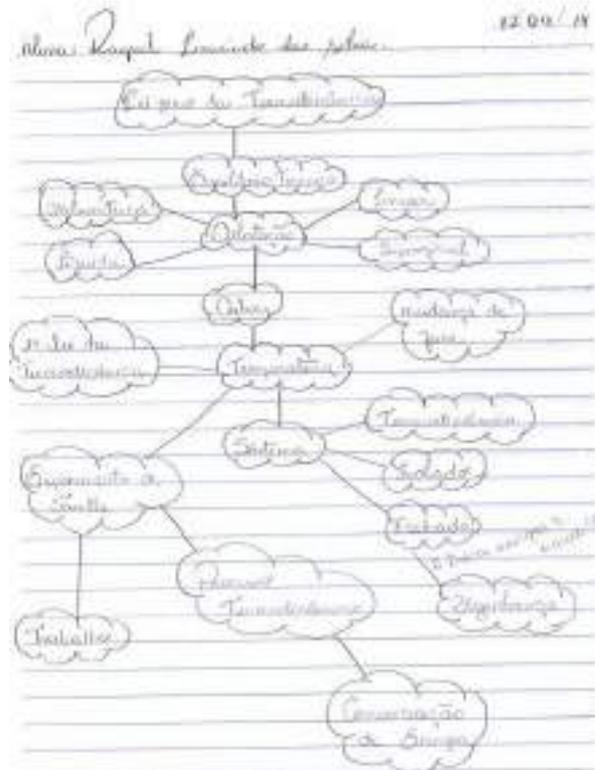
Mapa conceitual do aluno – A21



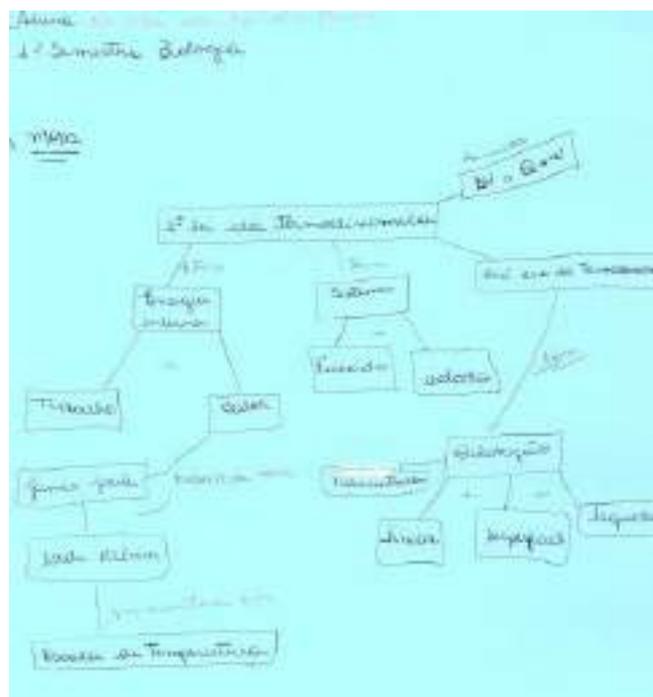
Mapa conceitual do aluno – A22



Mapa conceitual do aluno – A25



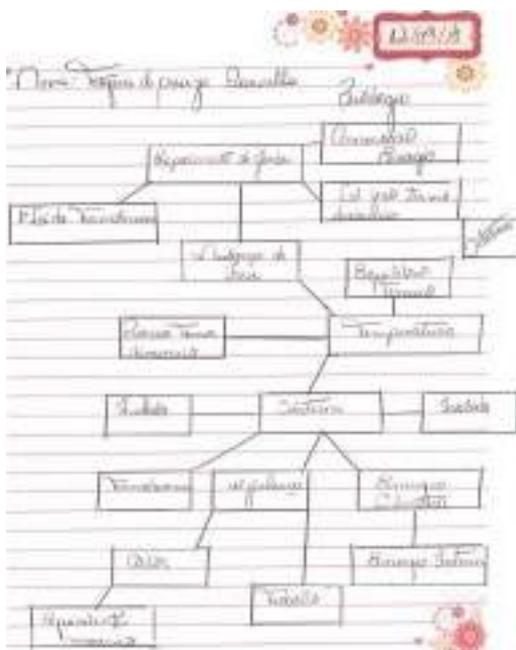
Mapa conceitual do aluno – A26



Mapa conceitual do aluno – A27

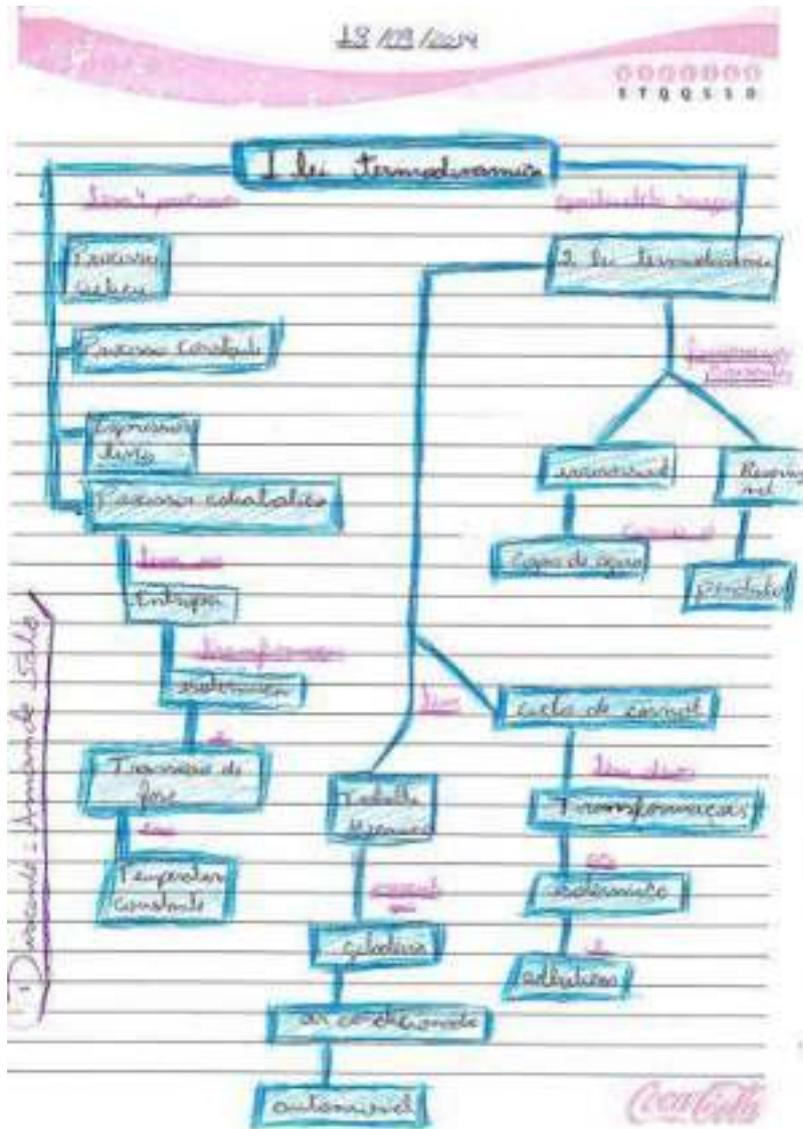


Mapa conceitual do aluno – A28

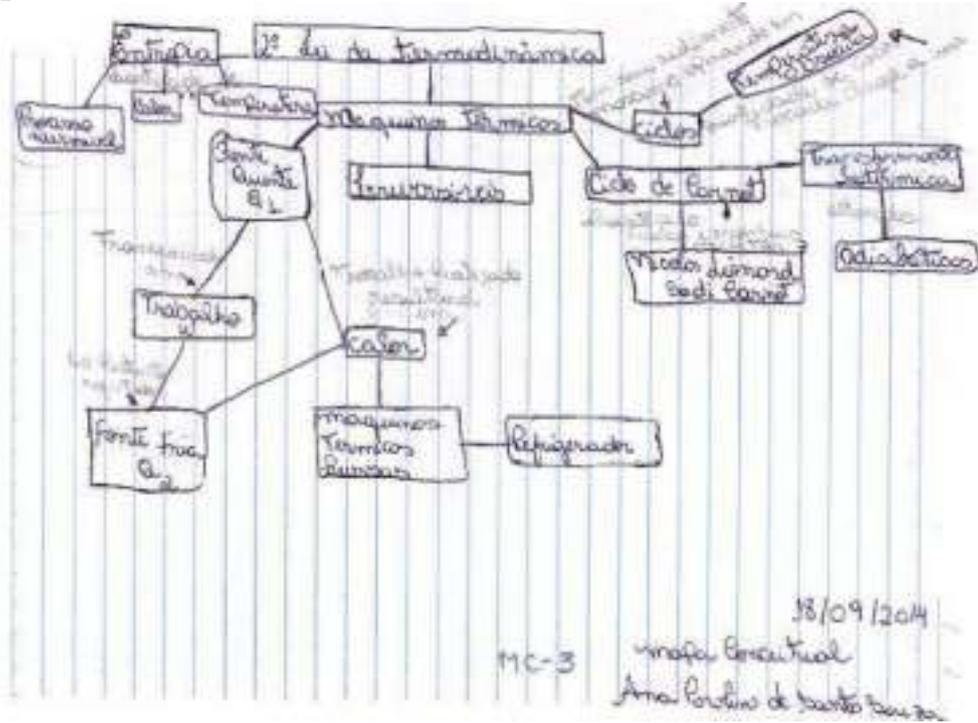


ANEXO 5 – ENTROPIA E A 2ª LEI DA TERMODINÂMICA: CONSTRUÇÃO DO MAPA CONCEITUAL – MC3

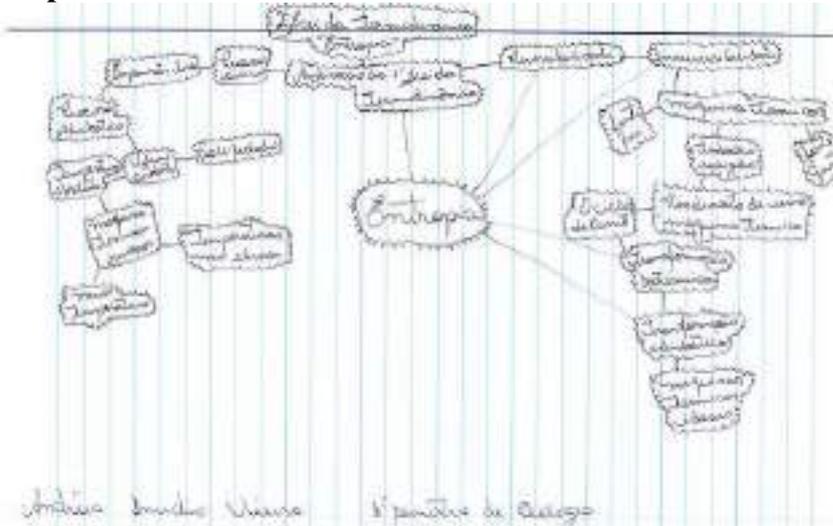
Mapa conceitual do aluno – A1



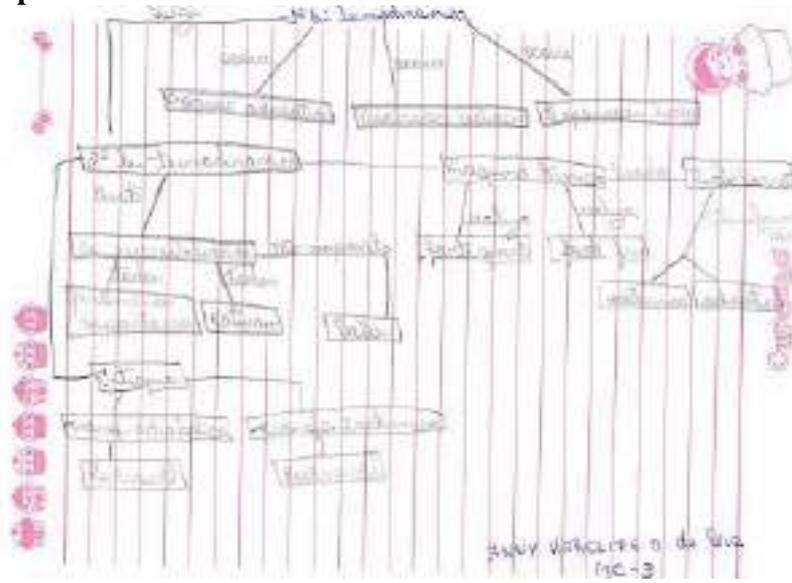
Mapa conceitual do aluno – A2



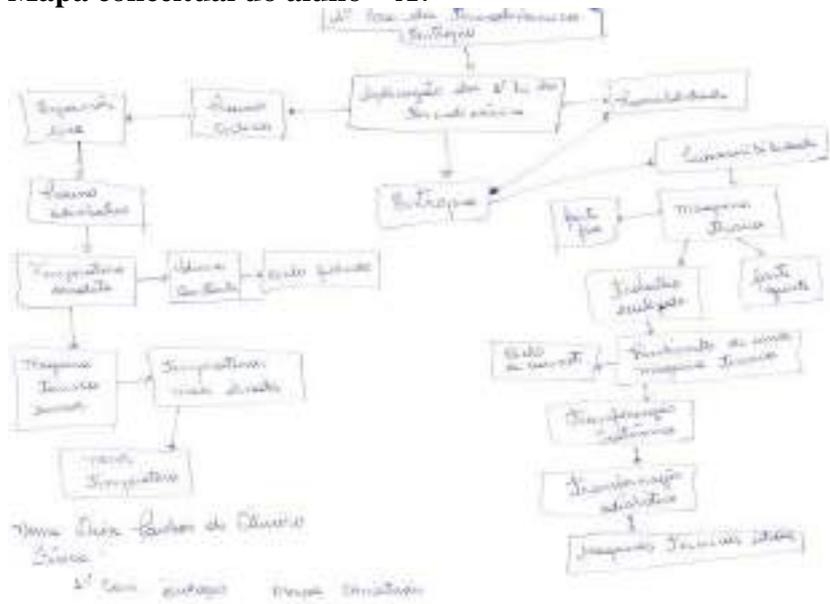
Mapa conceitual do aluno – A4



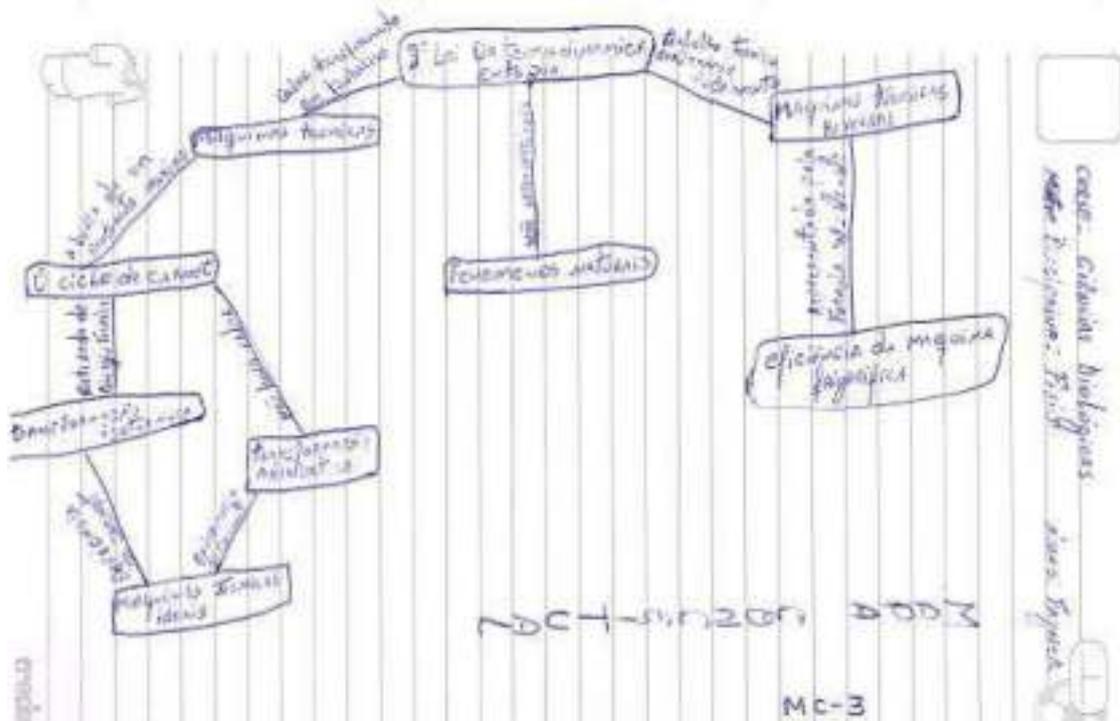
Mapa conceitual do aluno – A5



Mapa conceitual do aluno – A7

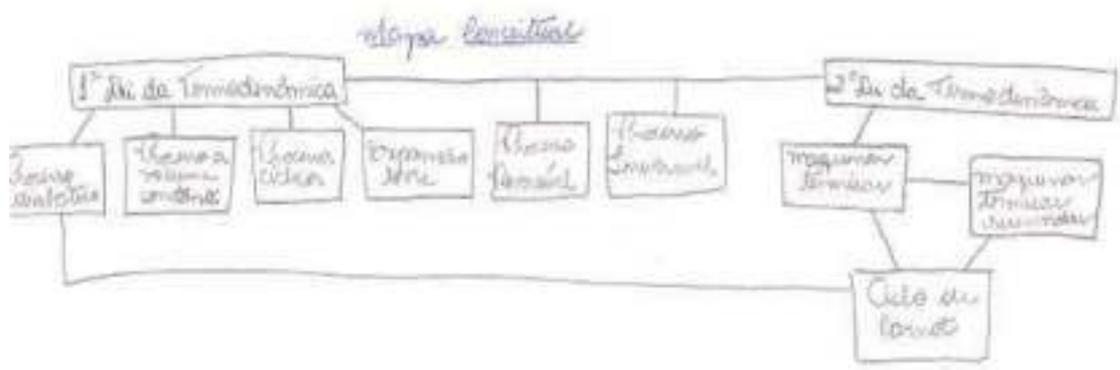


Mapa conceitual do aluno – A11

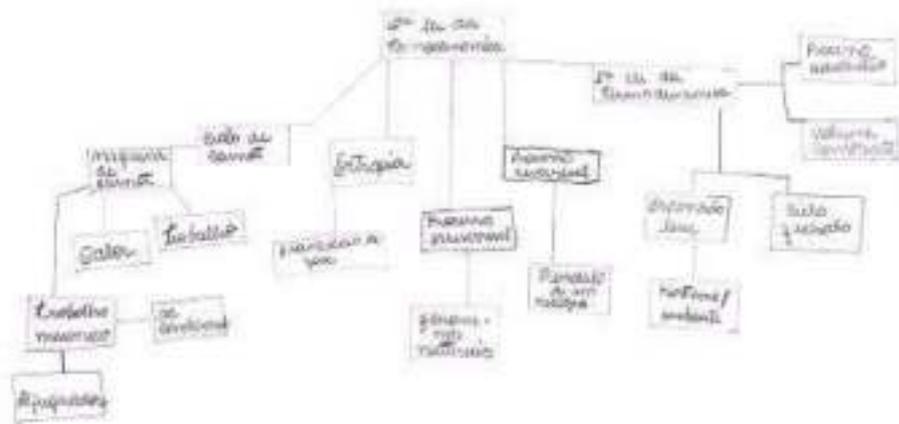


Mapa conceitual do aluno – A12

Flora e fauna marinha / 1ª parte de Biologia Biológica / Física Aplicada

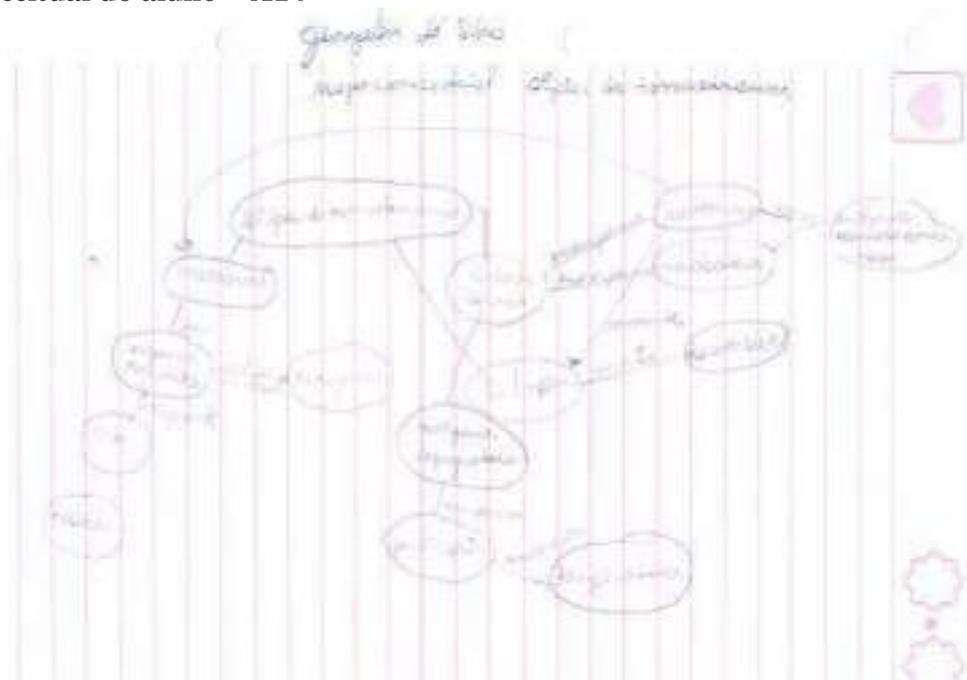


Mapa conceitual do aluno – A13

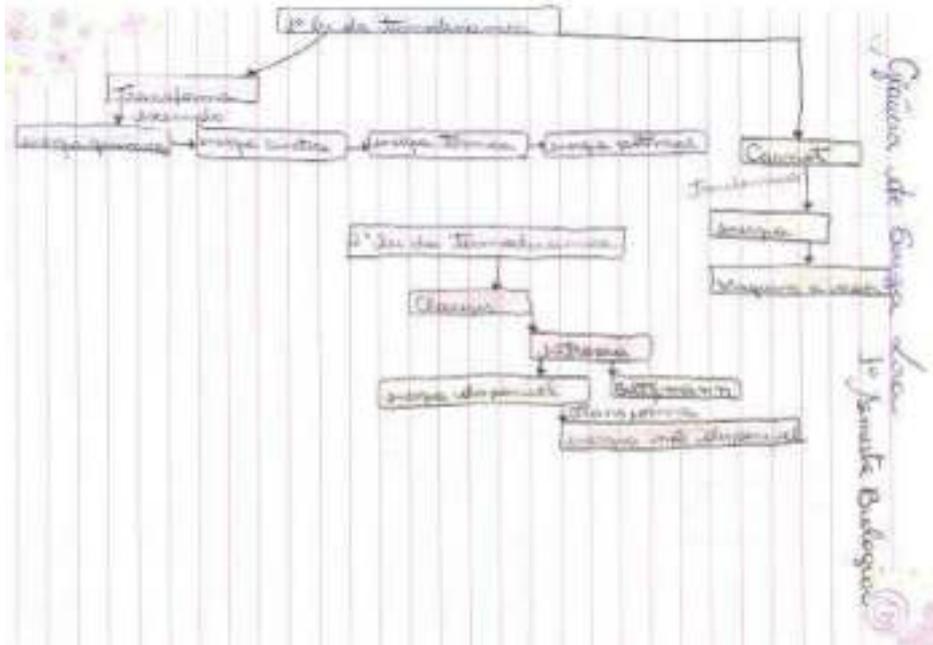


Caracas, 12 de setembro de 2014
 Aluno: Francimaya Ap. P. de Jesus

Mapa conceitual do aluno – A14



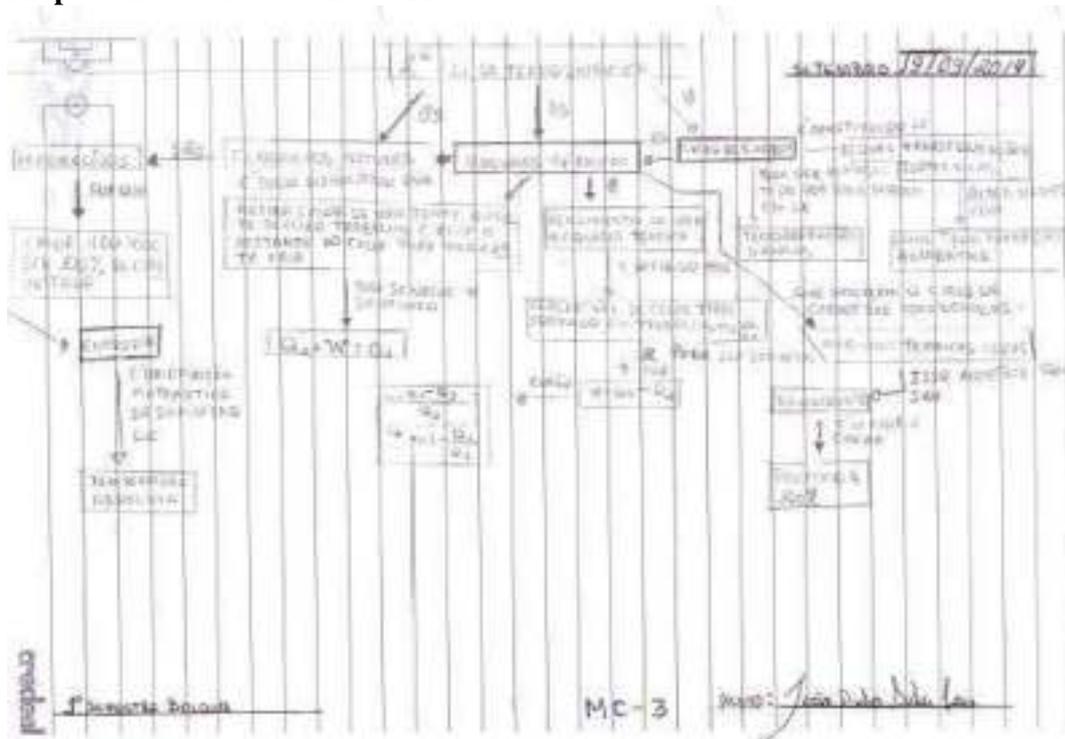
Mapa conceitual do aluno – A15



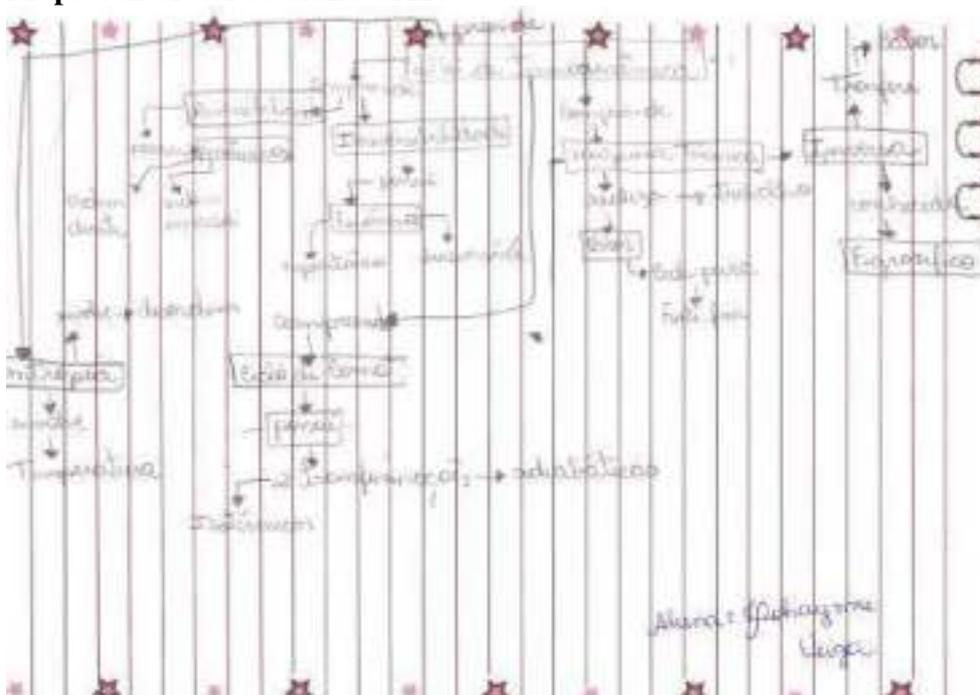
Mapa conceitual do aluno – A17



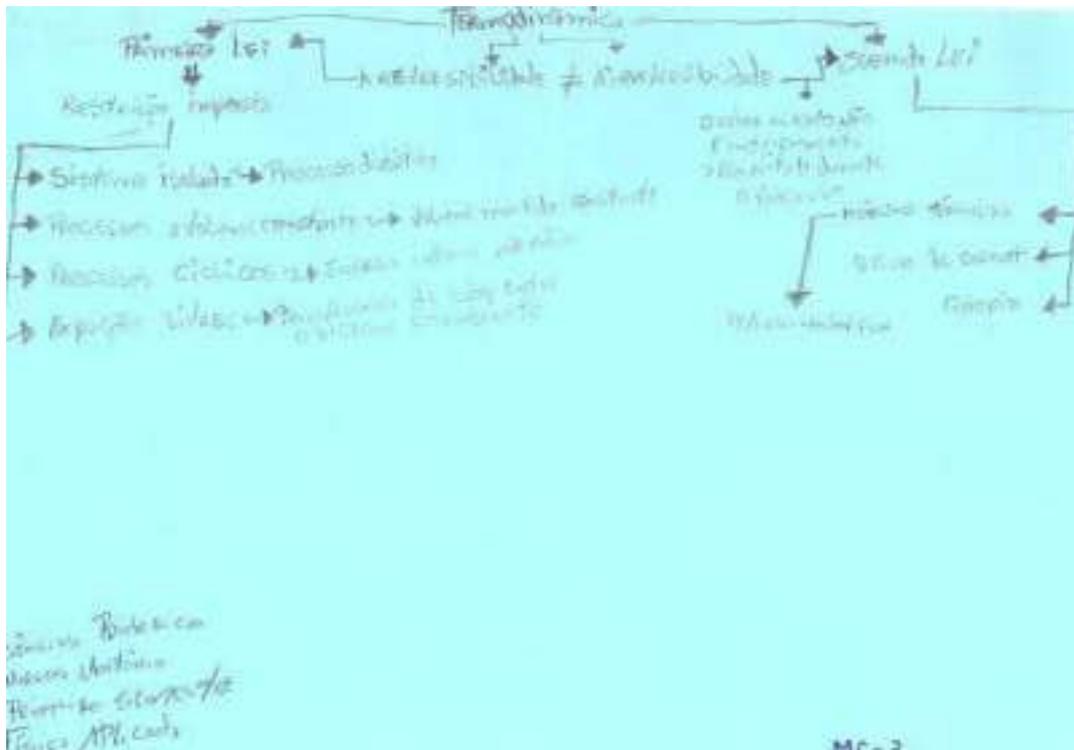
Mapa conceitual do aluno – A18



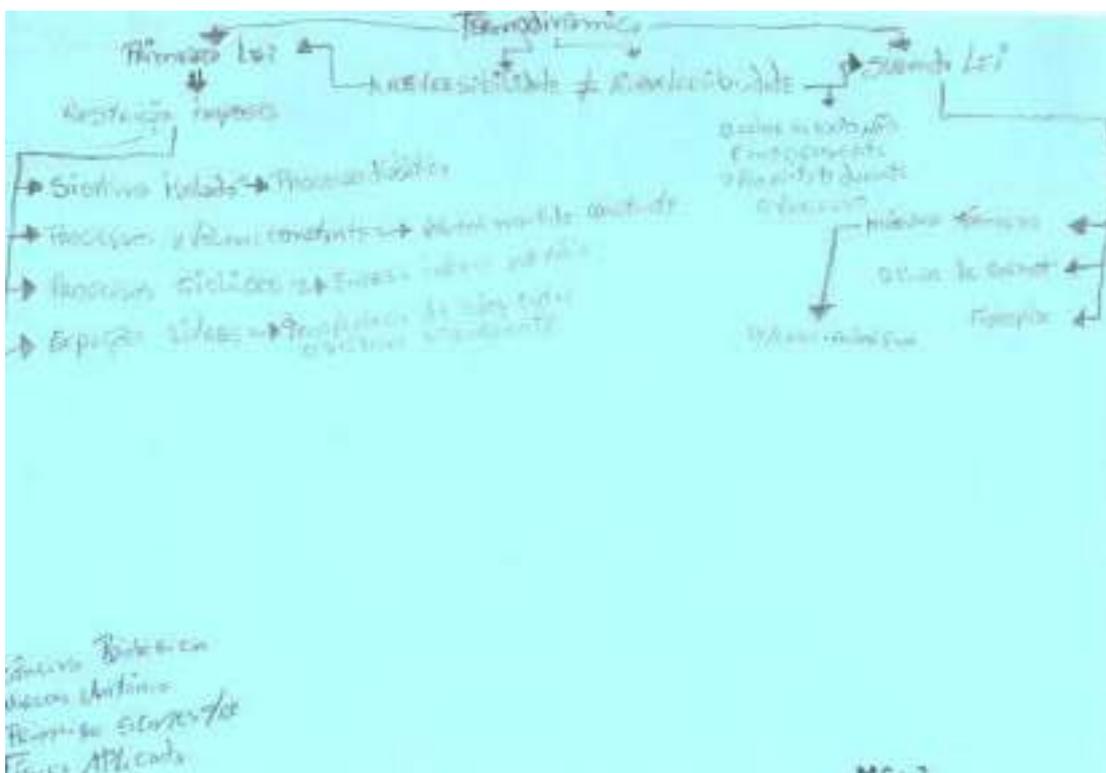
Mapa conceitual do aluno – A20



Mapa conceitual do aluno – A21



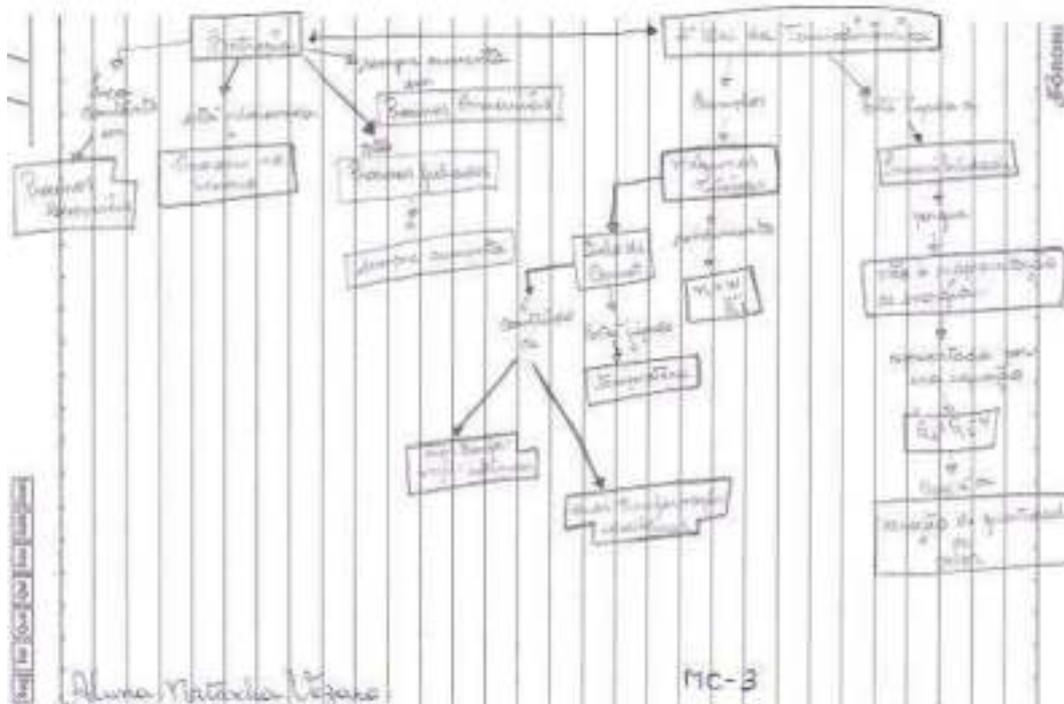
Mapa conceitual do aluno – A22



Mapa conceitual do aluno – A23



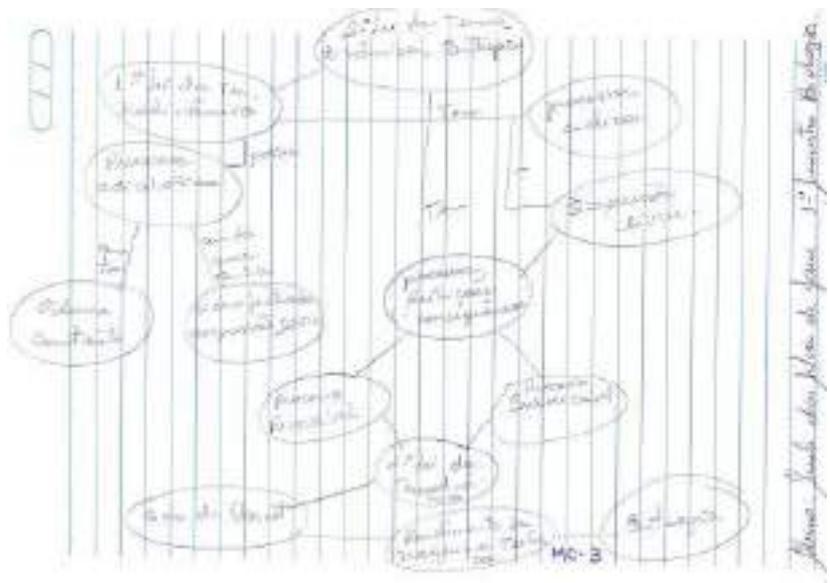
Mapa conceitual do aluno – A24



Mapa conceitual do aluno – A25



Mapa conceitual do aluno – A27



Mapa conceitual do aluno – A28

