



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**O ENSINO ATRAVÉS DA PESQUISA: UMA PROPOSTA PRÁTICA EM BASE
MULTIDISCIPLINAR**

Sandro Monteiro da Costa

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Helio Salim de Amorim

Rio de Janeiro

Fevereiro de 2013

**O ENSINO ATRAVÉS DA PESQUISA: UMA PROPOSTA PRÁTICA EM BASE
MULTIDISCIPLINAR**

Sandro Monteiro da Costa

Orientador: Prof. Dr. Helio Salim de Amorim

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Presidente, Prof. Dr. Helio Salim de Amorim

Profa. Dra. Claudine Pereira Dereczynski

Prof. Dr. Antonio Carlos Fontes dos Santos

C837

Costa, Sandro Monteiro da

O ensino através da pesquisa: uma proposta prática em base multidisciplinar / Sandro Monteiro da Costa . – Rio de Janeiro, 2013.

67 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Orientador: Dr. Helio Salim de Amorim.

Bibliografia: f. 54-55.

*À minha mãe Sandra e à minha
filha Mariana dedico este trabalho.*

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a todos os professores do programa de mestrado profissional em ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, em especial ao meu orientador, professor Dr. Helio Salim de Amorim, pela sua paciência, sabedoria e dedicação na orientação deste trabalho.

Meu agradecimento também aos professores Claudine Pereira Dereczynski e Antonio Carlos Fontes dos Santos por aceitarem participar da minha banca.

À Dilma Conceição dos Santos por ser sempre solícita em resolver os nossos problemas na secretaria .

Agradeço à minha mãe Sandra que, mesmo nos momentos mais difíceis, me incentivou e estimulou fazendo acreditar que seria possível.

À minha namorada, amiga e companheira Flavia Maia Bomfim por me incentivar, apoiar, compreender meus momentos de mau humor, e também pelas valiosas correções e sugestões em relação ao texto.

Ao meu cunhado e amigo Alexandre Maia do Bomfim pelas orientações e sugestões dadas ao texto, principalmente no capítulo I.

Agradeço à minha filha Mariana por entender os meus momentos de ausência, dedicando ao trabalho um tempo que deveria ser compartilhado com ela.

Aos colegas de trabalho, os professores Luciano Peres, Carlos Alexandre, Gilberto, Miguel Viestel, Max Soneghet e Maria de Fátima Castro, pelo apoio, sugestões e colaborações ao trabalho.

Aos colegas de turma por tornar o ambiente de sala de aula mais descontraído e pelas trocas de experiência sempre valiosas.

RESUMO

O ENSINO ATRAVÉS DA PESQUISA: UMA PROPOSTA PRÁTICA EM BASE MULTIDISCIPLINAR

Sandro Monteiro da Costa

Orientador:

Prof. Dr. Helio Salim de Amorim

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Neste trabalho, propomos um ensino baseado na pesquisa científica que seja multidisciplinar e com enfoque em meio ambiente. Como exemplo a ser aplicado no Ensino Médio (EM), estudamos os mecanismos de retroalimentação positiva e negativa para a emissão do metano (CH_4) em solos turfosos, ricos em matéria orgânica em decomposição, e analisamos seu impacto nos *permafrosts*, solos com características semelhantes na região do Ártico. A proposta de trabalho sugerida se adapta ao que propõe a Lei 9394/96 de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) para o EM e também à Lei 9795/99 de Educação Ambiental (EA), que institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA). Na proposta sugerida espera-se que os alunos desenvolvam as etapas de uma pesquisa científica, utilizem-se de ferramentas computacionais para coleta e análise de dados e que, a partir deles, produzam seus próprios textos. Nossa proposta de trabalho busca tornar possível que a escola de nível médio se aproxime da universidade no que diz respeito à pesquisa, ensino e extensão, fazendo com que a pesquisa científica se torne cada vez mais presente na escola.

Palavras-chave: Ensino de Física, Educação Ambiental, Emissão de Metano e Retroalimentação.

ABSTRACT

TEACHING THROUGH RESEARCH: A PRACTICE PROPOSAL IN A MULTIDISCIPLINARY BASE

Sandro Monteiro da Costa

Supervisor:

Dr. Helio Salim de Amorim

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, as part of the requirements for the degree in Mestre em Ensino de Física.

In this work, we propose an education based on scientific research that is multidisciplinary and focused on the environment. As an example to be applied in high school, we studied the mechanisms of positive and negative feedback for emission of methane (CH_4) in peaty soils, rich in organic matter decomposition, and analyze their impact on permafrosts, soils with similar characteristics in the Arctic region. This work fits the law 9394/96 Guidelines and Bases of National Education, the National Curriculum Parameters and also to Law 9795/99 Environmental Education, establishing the National Environmental Education. In the present proposal, it is expected that students develop the steps of a scientific investigation, using computational tools for collecting and analyzing data and from them, produce their own texts. Our work seeks to make it possible for high school to get closer to the university regarding research, education and extension, making scientific research become increasingly present in school.

Keywords: Physics Education, Environmental Education, Methane Emission and Feedback.

SUMÁRIO

Lista de figuras.....	IX
Lista de siglas.....	X
Introdução.....	1
Capítulo 1 – A pesquisa científica na escola de nível médio	4
1.1 – O que dizem os documentos oficiais.....	4
1.2 – A pesquisa científica na escola de nível médio.....	6
1.3 – O aspecto interdisciplinar do ensino por pesquisa.....	11
1.4 – O papel e a atuação do professor no ensino por pesquisa.....	13
1.5 – Dificuldades práticas para a realização de uma proposta de EAP na escola atual.....	14
1.6 - Introduzindo o EAP através de um modelo organizacional de baixo impacto administrativo.....	15
Capítulo 2 – As questões ambientais e a escola de nível fundamental e médio	18
2.1 – Meio ambiente e educação	18
2.2 – Os problemas relacionados às mudanças climáticas: Qual a responsabilidade da escola?.....	20
2.3 – O modelo de escola baseado no trinômio ensino – pesquisa – extensão.....	22
Capítulo 3 – Uma proposta de Ensino de Física através da Pesquisa em base interdisciplinar.....	24
3.1 – O efeito estufa.....	27
3.2 – O metano na atmosfera: absorção e sumidouros.....	29
3.3 – O <i>permafrost</i> e os mecanismos de retroalimentação na emissão de metano.....	32

Capítulo 4 – Projeto de pesquisa sobre fontes de metano: aspectos práticos e operacionais.....	36
4.1 – Atividade A – observação de fenômenos de produção de metano.....	36
4.2 – Atividade B – modelagem e simulações.....	45
4.2.1 – Atividade B1.....	45
4.2.2 – Atividade B2.....	48
4.3 – Conclusão.....	52
Referências.....	54
Referências das figuras.....	56
ANEXO A – Datasheet do sensor MQ-4.....	57
ANEXO B – Programas de controle para arduino (<i>sketch</i>).....	60
ANEXO C – Informações sobre a terra vegetal utilizada.....	67

Lista de figuras

Figura 1.1 – Distribuição do tempo de aplicação do trabalho de pesquisa.....	16
Figura 3.1 – Esquema representativo do mecanismo de retroalimentação.....	25
Figura 3.2 – Mecanismo regulador centrífugo de Watt.....	25
Figura 3.3 – Representação esquemática do efeito estufa.....	29
Figura 3.4 – Molécula de Metano (CH ₄).....	29
Figura 3.5 – Valores anuais da concentração de CH ₄	32
Figura 3.6 – Região de concentração de permafrost.....	32
Figura 3.7 – Diferentes tipos de permafrost.....	33
Figura 3.8 – Mecanismo de retroalimentação no permafrost.....	34
Figura 4.1 – Modelo de digestor com terra vegetal.....	37
Figura 4.2 – Modelo de digestor com terra vegetal e matéria orgânica.....	39
Figura 4.3 – Montagem da arduino em ambiente aberto.....	41
Figura 4.4 – Esquema de ligação do sensor MQ-4 à arduino.....	42
Figura 4.5 – Placa arduino ligada ao shield.....	42
Figura 4.6(a) – Gráfico da emissão de CH ₄ na terra vegetal.....	44
Figura 4.6(b) – Gráfico da emissão CH ₄ em terra e matéria orgânica	44
Figura 4.7 – Tela de trabalho da atividade B1.....	47
Figura 4.8 – Esquema de montagem da atividade B2.....	49
Figura 4.9 – Esquema de ligação da atividade B2.....	50
Figura B.1 – Esquema de ligação do sensor MQ-4.....	66

Lista de símbolos e siglas

Ar – Argônio

CFC's – Clorofluorcarbonetos

CH₄ – Metano

CO – Monóxido de carbono

CO₂ – Dióxido de carbono

DS18B20 – Termômetro digital

EA – Educação Ambiental

EAP – Ensino Através da Pesquisa

EM – Ensino Médio

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

FENACEB – Programa Nacional de Apoio às Feiras de Ciências da Educação Básica

GEE – Gases do efeito estufa

H₂O_(vapor) – Vapor d'água

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9394/96)

MEC – Ministério da Educação

MQ-4 – Sensor de medição do gás metano

N₂ – Nitrogênio

N₂O – Óxido nitroso

OH – Radical hidroxila

PAG – Potencial de aquecimento global

PCN's – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN+ – Orientações educacionais complementares aos PCN's

PNEA – Política Nacional de Educação Ambiental

NCE – Núcleo de computação eletrônica (UFRJ)

Ne – Neônio

NO₂ – Dióxido de nitrogênio

O₂ – Oxigênio

O₃ – Ozônio

SO₂ – Dióxido de enxofre

VDC – Voltage Direct Current

Xe – Xenônio

Introdução

Em escolas tanto do Ensino Fundamental quanto do Ensino Médio, ainda é muito comum que as apresentações em feira de ciências sejam baseadas em pequenos trabalhos reproduzidos de alguma fonte pesquisada, maquetes ou cartazes. Fazendo uma pequena retrospectiva, é fácil lembrar-se dos fetos e répteis dentro de vidros com formol, das famosas demonstrações pirotécnicas da erupção de vulcões, dos circuitos elétricos que deveriam ser percorridos com destreza por pequenas argolas, entre tantos outros. O Programa Nacional de Apoio às Feiras de Ciências da Educação Básica – FENACEB, edital de apoio a eventos científicos nas escolas públicas, foi concebido com o seguinte objetivo:

expandir e incrementar o ensino de Ciências nas escolas de ensino médio das redes públicas federal, estadual e municipal. Visa a melhoria e ampliação da abordagem e a construção do conhecimento científico nos componentes curriculares que integram o campo das áreas de Ciências da Natureza, Matemática; Ciências Humanas e suas Tecnologias e das Linguagens, Códigos e suas Tecnologias. (Brasil, 2007)

O FENACEB (Brasil, 2007) também apresenta como um dos seus objetivos “Estimular atividades de iniciação científica na educação básica visando o desenvolvimento e elaboração de projetos”. Fica claro que o modelo de feira de ciências ainda adotado por muitas escolas não está de acordo com a proposta sugerida pelo Ministério da Educação (MEC). Dessa forma, é bem vinda qualquer atividade que incentive a participação do aluno de maneira a propiciar um aprendizado que esteja o mais próximo possível do rigor de uma metodologia científica.

A motivação para este trabalho surgiu com a ideia de apresentar uma proposta de ensino baseada na pesquisa científica aplicada no Ensino Médio. O marco inicial foi o artigo *“Pesquisa na escola: que espaço é esse? O do conteúdo ou o do pensamento crítico?”*, da autora Maria Otilia Guimarães Ninin (Ninin, 2008). Além do próprio artigo, suas referências principais, Marcos

Bagno, Pedro Demo e Jorge Santos Martins, me serviram de suporte para um levantamento bibliográfico inicial. Para dar uma maior amplitude ao trabalho, propomos uma abordagem que, além do caráter de pesquisa, pudesse ser interdisciplinar. Como uma opção para propiciar a interdisciplinaridade, foi adotada a educação ambiental e meio ambiente, pela facilidade de aglutinar um número significativo de disciplinas, propiciando uma aplicação em praticamente todas as áreas do conhecimento.

Entre os principais gases do efeito estufa estão o dióxido de carbono (CO_2), o vapor d'água e o metano (CH_4). Muito tem se falado sobre o CO_2 , no entanto o CH_4 , embora muito menos citado, apresenta uma importância considerável para intensificação do efeito estufa. Além disso, o CH_4 é o principal responsável na contribuição de alguns mecanismos de retroalimentação em regiões de permafrost no ártico.

Entre os objetivos do trabalho estão: introduzir a pesquisa científica na escola de nível médio, sensibilizar os estudantes, a comunidade escolar e o seu entorno para questões ambientais. Para tanto vamos medir os níveis de emissão de CH_4 em dois tipos de simulações de solo: solo turfoso, rico em matéria orgânica em decomposição, e em um aterro sanitário, verificando a dependência dessa emissão com a temperatura.

O capítulo I busca, nos documentos legais e nos autores citados, as referências para nortear o ensino baseado na pesquisa científica, com caráter interdisciplinar, aplicada ao Ensino Médio. Apresenta também a importância do papel do professor como um elo entre os alunos e a proposta da pesquisa com suas respectivas implicações.

O capítulo II apresenta a importância da educação ambiental na formação do aluno e as justificativas para utilizá-la como um facilitador da interdisciplinaridade. Situa a escola no panorama nacional da educação ambiental, sinalizando suas responsabilidades e perspectivas diante da sociedade e propõe um ensino baseado no trinômio ensino – pesquisa – extensão.

No capítulo III, chamamos a atenção para a especificidade da disciplina-centro, no caso proposto aqui, Física, em que a matéria escolhida para nortear a pesquisa deve trabalhar em conjunto com outras. É feita uma descrição dos principais gases da atmosfera e a contribuição de cada um deles no efeito estufa. Destaca-se a importância do metano nesse fenômeno com suas principais fontes de emissão e sumidouros, chamando a atenção para a quantidade em que ele é encontrado em regiões de solo do tipo *permafrost* e os mecanismos de retroalimentação que eventualmente podem ser desencadeados.

Finalmente, o capítulo IV apresenta a proposta de uma prática de trabalho dividida em três etapas: na primeira, o aluno pode modelar e verificar mecanismos de retroalimentação através de um software (*WlinkIt*); na segunda, faz-se a simulação de um solo turfoso, rico em matéria orgânica, e medem-se os níveis de emissão de metano em função da temperatura, analisando a relação de dependência entre essas grandezas; na terceira e última etapa, demonstra-se o funcionamento de um mecanismo de retroalimentação utilizando um sistema físico acoplado a um aparato eletrônico.

Este trabalho busca, pois, tornar possível no ambiente escolar uma maior integração entre conteúdo e senso crítico em que mecanismos de conhecimento específico possam ser utilizados para que o aluno-cidadão pense a respeito do meio em que vive e possa interferir nele positivamente, e a partir de pesquisas.

Capítulo 1 – A pesquisa científica na escola de nível médio

1.1 – O que dizem os documentos oficiais

Sendo professor de Física no Ensino Médio há quase duas décadas e trabalhando em escolas da rede pública e privada no Rio de Janeiro, tenho percebido o quanto se faz necessária uma abordagem cada vez mais contextualizada e multidisciplinar dessa matéria. Isso decorre, principalmente, da necessidade do cidadão estar cada vez mais apto a interpretar, interagir e participar de uma sociedade onde a ciência e a tecnologia estão por toda parte. Os documentos oficiais apontam para um ensino de ciências com mais significado para o aluno, e futuramente para o cidadão, e que também possa desenvolver nesse indivíduo habilidades e competências no sentido de facilitar essa interação. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei 9394/96, no seu artigo 22, nos afirma que:

A educação básica tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores. (Brasil, 1996)

Nesse sentido, todas as atividades desenvolvidas na educação básica devem, sempre que possível, permitir essa progressão e autonomia. Para o Ensino Médio, etapa final da educação básica, a LDB, no seu artigo 35, apresenta como finalidades:

- I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (Brasil, 1996).

Complementando a LDB, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) dizem que:

Propõe-se, no nível do Ensino Médio, a formação geral, em oposição à formação específica; o desenvolvimento de capacidades de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização (Brasil, 2000, p.5).

Os PCN's também priorizam um ensino que não seja somente propedêutico, que também tenha significado e propicie ao cidadão um conhecimento efetivo. Para dar um maior significado ao ensino é interessante buscar um caráter interdisciplinar e contextualizado, a fim de que, ainda no Ensino Médio, os conhecimentos disciplinares adquiram uma amplitude cultural e um sentido prático. Segundo os PCN+ (Brasil, 2002),

O novo Ensino Médio, nos termos da lei, de sua regulamentação e de seu encaminhamento, deixa de ser, portanto, simplesmente preparatório para o ensino superior ou estritamente profissionalizante para assumir necessariamente a responsabilidade de completar a educação básica e, além disso, preparar para vida, qualificar para a cidadania e capacitar para o aprendizado permanente, em eventual prosseguimento dos estudos ou diretamente no mundo do trabalho (Brasil, 2002, p.8).

Os documentos oficiais citados apontam para um ensino que tenha como meta determinadas habilidades e competências e que permita ao aluno ter uma visão mais ampla e autônoma do mundo no qual ele vive. Mas, a realidade, de uma maneira geral, vem se mostrando bastante diferente das propostas apresentadas. Embora algumas escolas, ou mais especificamente, alguns professores já tenham uma prática voltada para esse tipo de ensino, estamos longe de atingir todas as metas esperadas e sugeridas. Um caminho facilitador para se atingir esses objetivos é o Ensino através da Pesquisa (EAP), ou seja, um ensino que permita ao aluno e também ao professor

participar ativamente do processo de ensino-aprendizagem. De acordo com a LDB (Brasil, 1996) no seu artigo 36, as metodologias de ensino e de avaliação adotadas devem estimular a iniciativa dos estudantes. Dessa forma, é bem-vinda qualquer estratégia em que o estudante seja autor ou coautor desse processo, assumindo uma atitude crítica e reflexiva diante de possíveis erros.

1.2 – A Pesquisa científica na escola de nível médio

A educação brasileira, desde o período jesuítico até o regime militar, passou por diversas mudanças, mas é arriscado afirmar que o modelo educacional de uma ou outra época não era adequado. O modelo de ensino de cada fase da nossa história era um reflexo da sociedade em questão. O que não podemos conceber é uma escola que, na sociedade de hoje, globalizada, digital, continue ensinando como no século passado.

Com o fim da ditadura militar em 1986 e com a LDB de 1996 e seus documentos complementares, observam-se uma preocupação e um compromisso com um modelo educacional voltado para uma formação mais sólida, que permita ao cidadão, aluno, adquirir habilidades e competências aplicáveis tanto em situações típicas do cotidiano escolar como no seu dia a dia. Entre tantas propostas inseridas nos documentos oficiais e nas práticas dos professores, o ensino baseado na pesquisa apresenta-se como mecanismo facilitador desse processo.

Em todas as etapas do ensino, é comum o professor pedir aos alunos para fazer algum trabalho de “pesquisa” em que fica determinado um assunto ou tema, uma data para a entrega e algumas diretrizes do que se deve ou não seguir. De acordo com o Dicionário *on-line* da Língua Portuguesa, pesquisar significa indagar, investigar, procurar com diligência, com cuidado. Dessa forma, pedir a um aluno para fazer algum tipo de trabalho nesse formato está longe de ser uma pesquisa. Segundo Demo (2002), educar pela pesquisa tem pelo menos quatro pressupostos cruciais:

I – a convicção de que a educação pela pesquisa é a especificidade mais próxima da educação escolar e acadêmica.

- II – o reconhecimento de que o questionamento reconstrutivo com qualidade formal e política é o cerne do processo de pesquisa,
- III – a necessidade de fazer da pesquisa atitude cotidiana no professor e no aluno,
- IV – e a definição de educação como processo de formação da competência histórica humana (Demo, 2002, p.7).

O ato de pesquisar é uma atitude inerente ao ser humano. Quando um indivíduo quer comprar um carro e marca anúncios que são de seu interesse, está fazendo uma pesquisa. Quando quer comprar algum móvel ou eletrodoméstico para sua casa e busca dados sobre tamanho, consumo, qualidade, preços, também está fazendo uma pesquisa. Sendo assim, o ato de pesquisar está presente nas atitudes mais corriqueiras do dia a dia, inclusive na escola. A pesquisa, no entanto, que se deve aplicar no ambiente escolar, não pode ser desprovida de uma metodologia, ou seja, é possível implementar a pesquisa científica na escola de nível fundamental ou médio associando o ato cotidiano de pesquisar, aplicado no espaço escolar, à metodologia científica.

Entre os principais problemas enfrentados pelos professores está o fato de deparar-se com o aluno que não consegue se apropriar dos conteúdos apresentados. Ele não retém por muito tempo a grande carga de assuntos que lhe são transmitidos. Diante disso, é muito comum um professor de determinada matéria ter ensinado um conteúdo e, na série seguinte, o professor da disciplina ter que, no mínimo, fazer uma revisão desse conteúdo ou mesmo ensiná-lo novamente. Embora o aluno tenha passado por todas as etapas de ensino na série anterior e, possivelmente, obtido graus elevados nas avaliações, ele não demonstra segurança ao ser questionado sobre o tópico. Essa situação revela que a maneira como esses conteúdos estão sendo apresentados não está sendo eficiente. Sendo assim, faz-se necessário buscar novas formas de apresentação das informações a fim de fazer com que esse conhecimento seja algo mais eficaz e significativo para o aluno.

Segundo Martins (2001), a *abordagem superficial*, aquela envolvida pelo apelo à memorização de conteúdos, na sua maioria, desconectados dos contextos e destinados somente a alcançar sucesso em provas ou avaliações, deve ser substituída pela *abordagem profunda da aprendizagem*, ou seja,

aquela que usa as tentativas de dar sentido a tudo o que está se aprendendo, buscando uma interação entre conteúdo e tarefas por meio de uma reflexão sobre os conceitos e ideias envolvidas. Com isso, coloca-se o aluno como elo central do processo de ensino-aprendizagem onde ele passa a ser o sujeito que investiga, indaga, observa e anota. Sendo todas essas ações mediadas e orientadas pelo professor.

É importante salientar que o Ensino Através da Pesquisa não propõe uma ruptura total com a modalidade atual ou mesmo com o currículo. Espera-se que a escola de hoje esteja adaptada a uma nova realidade em que o aluno se apresente como sujeito crítico e reflexivo das suas ações e o professor seja o mediador e o orientador dessa trajetória.

O ensino baseado na pesquisa, seja na escola de nível médio ou nos dois segmentos do ensino fundamental, deve permitir ao aluno, junto com o professor, desenvolver todas as etapas de uma pesquisa científica. Dessa forma, promove-se um aprendizado no qual os conteúdos não são simplesmente apresentados ao aluno. Eles devem ser discutidos a partir de concepções prévias dos próprios alunos e, posteriormente, por questões que os levem a refletir de maneira crítica. Essa proposta está de acordo com o que Martins (2001) chama de *pedagogia investigativa*, que se destina a

Levar os alunos não só a buscar informações, mas também a adquirir habilidades, a mudar comportamentos, a ver as coisas de maneira diferente, a construir seu conhecimento de forma prazerosa e transformadora, pela constante integração, cooperação e criatividade, tendo em vista a construção do cidadão competente e produtivo (Martins, 2001, p.23).

Vendo a pesquisa como um ambiente propício para a construção de novos conhecimentos, o professor deverá romper com propostas convencionais ou tradicionais de trabalho. Isso acarreta, naturalmente, algumas intervenções que podem surgir desde a organização dos grupos até o passo a passo do desenvolvimento do trabalho.

Como primeira etapa, o professor deverá selecionar questionamentos para os alunos de modo que, ao desenvolverem suas pesquisas, possam trazer à tona as suas experiências sobre os temas que estão sendo trabalhados. A primeira das intervenções consiste em organizar, entre os alunos, os grupos de trabalho de acordo com a necessidade dos tópicos em questão. Pode parecer irrelevante a intervenção do professor nessa etapa, mas nem sempre a separação dos grupos por afinidade dos seus elementos, por exemplo, produzirá os melhores resultados, ou seja, diferentes propostas de trabalho exigem diferentes agrupamentos dos alunos.

Como segunda etapa, com os grupos já organizados, define-se um projeto preliminar de pesquisa com clareza dos objetivos esperados para essa fase, como afirma Bagno (2010):

Fazer um projeto é lançar ideias para frente, é prever as etapas do trabalho, é definir aonde se quer chegar com ele – assim, durante o trabalho prático saberemos como agir, que decisões tomar, qual o próximo passo que teremos de dar na direção do objetivo desejado (Bagno, 2010, p. 22).

Nessa fase do trabalho, o professor, por meio de perguntas direcionadas para os diferentes grupos, levará os alunos a inserir novos tópicos ou a manter aqueles escolhidos anteriormente. De acordo com o desenvolvimento de cada grupo, cabe ao professor solicitar um levantamento de materiais para aprofundar o assunto escolhido para a pesquisa ou até mesmo oferecer novos elementos para promover esse aprofundamento. É importante lembrar aos alunos a questão da credibilidade dos materiais encontrados, principalmente na internet. Uma saída para esse problema é indicar aos grupos fontes confiáveis de consulta como *sites* de institutos de pesquisa e universidades ou, com todos os grupos reunidos, “filtrar” todos os materiais apresentados nessa etapa.

A etapa seguinte consiste em, baseando-se nas informações obtidas na fase anterior, orientar os grupos a produzirem textos preliminares relacionados com o tema da pesquisa. É importante que o professor oriente os grupos no sentido de que um texto científico não pode conter juízos de valor e todas as

opiniões devem ser fundamentadas, além de conter objetivos explícitos e obedecer a padrões específicos para esse tipo de linguagem.

O próximo passo na elaboração do trabalho é a justificativa. Nesse momento, os alunos deverão refletir sobre a relevância da pesquisa. Deve ser respondida uma série de perguntas como: *por que e para que fazer este trabalho? Qual a importância do tema escolhido? Este trabalho é realmente importante para o desenvolvimento do aluno?* Segundo Bagno (2010, p. 29), “A justificativa é a *defesa* que você faz de seu projeto. Nela você apresenta argumentos que convençam as pessoas de que aquele trabalho é digno de interesse e de... financiamento!”.

De acordo com o tipo de trabalho desenvolvido, a etapa seguinte corresponde à metodologia, ou seja, a maneira pela qual serão coletados os dados. O professor nesse momento deve apresentar aos alunos todas as possibilidades de coleta de dados e discutir qual a melhor metodologia a ser escolhida para o trabalho em questão.

A fase final do trabalho corresponde, a partir de todas as etapas anteriores, ao produto final, que também deve ser discutido na turma e escolhido de acordo com o tipo de trabalho realizado. Podemos ter, por exemplo, um texto de divulgação científica acompanhado das conclusões referentes ao que foi pesquisado.

Finalizando, espera-se que todas essas experiências sejam compartilhadas com outros colegas. Faz-se necessário que os alunos sejam orientados sobre formas e recursos utilizados na apresentação. Apesar de haver um tema gerador que norteia, para aluno e professor, todo o processo, esse tipo de trabalho possibilita que se divida a pesquisa em tópicos, trabalhado em partes pelos grupos. Isso também amplia a própria visão do professor, que terá maior liberdade para avaliar o projeto por equipes, por turmas, por tópicos e, até mesmo, por etapas, propiciando uma maior interação entre grupos distintos a partir do momento que seja possível, no ambiente escolar, uma culminância para apresentação do produto final.

1.3 – O aspecto interdisciplinar do ensino por pesquisa

Nas escolas do ensino básico, é crescente a necessidade de uma integração cada vez maior entre as disciplinas trabalhadas, visto que a prática ainda nos mostra uma organização de ensino onde os currículos se apresentam de uma forma fragmentada e compartimentada. Segundo Morin (2004):

Há uma inadequação cada vez mais ampla, profunda e grave entre os saberes separados, fragmentados, compartimentados entre disciplinas, e, por outro, realidades ou problemas cada vez mais transversais, multidimensionais, transnacionais, globais, planetários (Morin, 2004, p.13).

Embora a referência seja do ano de 2004, não é difícil constatar que os currículos escolares ainda se apresentam muito distantes da realidade dos problemas tratados no dia a dia dos estudantes. Dessa forma, é bem-vinda qualquer iniciativa que produza uma aproximação entre currículo escolar e realidade “extraescolar” e ainda propicie uma interação entre os componentes curriculares.

Nesse sentido, o ensino por pesquisa, além de exigir um comportamento mais crítico e reflexivo do aluno, também favorece a interdisciplinaridade, tornando-se mais nobre, interessante e eficaz, possibilitando que um tema central possa ser trabalhado por duas ou mais disciplinas que se somam e interagem mutuamente. Segundo Martins (2001):

A interdisciplinaridade, quando bem entendida, é muito mais do que várias disciplinas enfocarem ou estudarem, em conjunto, um único tema; é, sobretudo, um tema nuclear que aglutina ou atrai saberes de várias disciplinas que possam contribuir para desenvolver e complementar sua significação (Martins, 2001, p.110).

Para Japiassu (1992, p. 88), a interdisciplinaridade corresponde a uma nova etapa do desenvolvimento do conhecimento, exigindo que as disciplinas,

por meio de uma articulação constante, fecundem-se reciprocamente. Para o autor, a interdisciplinaridade exige a adoção de métodos que se fundamentem mais no exercício de aptidões intelectuais e de faculdades psicológicas voltadas para a pesquisa do que sobre informações armazenadas na memória. Ela deve responder a uma nova exigência: criar uma nova inteligência, capaz de formar uma nova espécie de cientistas e de educadores. Espera-se dessa forma que um ensino baseado na pesquisa e na interdisciplinaridade, além de provocar mudanças nas atitudes dos alunos, possa promover mudanças na postura do professor. A aplicação de um projeto interdisciplinar não exige obrigatoriamente a participação de mais de um professor. No entanto, a interdisciplinaridade pode promover a aproximação não só de professores de uma mesma área, mas de professores de disciplinas de áreas diferentes, como científica e humanista, por exemplo, mas, para isso, faz-se necessário que o professor, primeiramente, assuma uma postura de não alienação para se permitir tomar conhecimento de problemas de outras disciplinas que possam ser aplicados a situações da sua própria disciplina e vice-versa de modo que a interdisciplinaridade não se apresente como um problema.

Frigotto destaca que:

A interdisciplinaridade se apresenta com problema pelos limites do sujeito que busca construir o conhecimento de uma determinada realidade e, de outro lado, pela complexidade desta realidade e seu caráter histórico. Todavia esta dificuldade é potencializada pela forma específica que os homens produzem a vida de forma cindida, alienada, no interior da sociedade de classes (Frigotto, 1995, p.55).

Assumir uma postura de não alienação torna-se, pois, nesse meio escolar, um dos grandes desafios num projeto interdisciplinar, uma vez que o sujeito já comporta lacunas no entendimento de sua própria área de trabalho. Deverá o educador estar atento às demandas das disciplinas que propôs compor seu projeto de pesquisa, não simplesmente para sanar as dificuldades que outros professores apontarem, mas para prevê-las e inseri-las no contexto das discussões e torná-las também objetos para enriquecimento da pesquisa. Pesquisar de maneira dita interdisciplinar evitando as questões problemáticas

que surgirem exatamente pela fusão de áreas é reiterar a alienação e não produzir conhecimento que tenha alguma validade na prática cotidiana.

Embora o ensino baseado na pesquisa e na interdisciplinaridade seja uma prática a ser implementada na educação básica, entende-se que essa quebra de paradigma não ocorre de maneira abrupta. Por outro lado, há de se dar o primeiro passo no sentido de que essa prática torne-se cada vez mais comum no ambiente escolar, tanto para o aluno quanto para o professor. Esse primeiro passo pode surgir de uma proposta, inicialmente, multidisciplinar, ou seja, que possa agregar duas ou mais disciplinas, para que em momentos posteriores atinja a interdisciplinaridade esperada.

1.4 - O papel e a atuação do professor no ensino por pesquisa

O professor tem importância fundamental no desenvolvimento de um trabalho de pesquisa em nível de Ensino Médio. Ele é o elo principal entre o tema a ser trabalhado e os alunos que estarão desenvolvendo o trabalho. Entretanto, faz-se necessário que o professor seja também um pesquisador, ou seja, que a sua prática seja pautada nas bases de uma pesquisa científica. De acordo com Demo (2011), “o professor, como profissional da educação, deve ser um pesquisador e, tratando-se do ambiente escolar, prevalece a pesquisa como princípio educativo, ou questionamento reconstrutivo voltado para a educação do aluno”, caso contrário o próprio ensino por pesquisa seria uma barreira de difícil transposição para o professor. Dessa forma, para que a pesquisa como atividade escolar seja bem aplicada, é preciso que o professor esteja sempre estimulando a curiosidade natural dos alunos e, sempre que necessário, explicando qual caminho tomar diante dos fatos que se deseja pesquisar. Somado a isso, deve também orientá-los à descoberta de soluções, ou de informações, pela leitura e pela reflexão, sobre os aspectos temáticos selecionados, aplicando meios simples para que eles possam chegar às informações de que precisam, buscando sempre adequar os temas e assuntos à faixa etária dos alunos e permitindo que os resultados das pesquisas sejam compartilhados não só com colegas de classe, mas com toda a escola.

1.5 – Dificuldades práticas para a realização de uma proposta de EAP na escola atual

Em que pesem as diferenças entre as escolas do setor privado e público, reconhecemos sérios desafios a ambos os setores para a implantação de uma reorientação pedagógica, ou mesmo uma proposta não tão ampla e abrangente, que envolva o EAP.

Se olharmos o problema do ponto de vista da coordenação pedagógica da escola, vemos que o principal problema se relaciona à ausência de experiências bem comentadas e testadas sobre EAP, ou seja, embora a ideia tenha um forte apelo pedagógico, a ausência de experiências bem documentadas inviabiliza uma tomada de decisões no âmbito das coordenações. Naturalmente, nos referimos aqui a experiências relacionadas a escola comum, universal, que não apresenta restrições especiais na seleção de seus alunos.

Acreditamos que a implantação de um projeto pedagógico em EAP deve ser conduzida através de um planejamento gradualista e baseada em aplicações limitadas a uma turma-piloto. O projeto deve ser estruturado com muita antecedência e permitir acomodações no curso de sua aplicação, ou seja, não ter uma formatação inicial rígida. No segundo momento, vemos que qualquer iniciativa institucional por parte da coordenação pedagógica, isto é, que diga respeito à escola na sua integralidade, se defronta com a necessidade do treinamento de professores nessa metodologia. Por outro lado, bem sabemos que antes do treinamento vem a necessidade do convencimento dos professores de que a opção é válida e tem méritos apreciáveis. Isso só é plenamente possível se as argumentações forem baseadas em experiências de campo bem sucedidas. O professor não é um mero executor de propostas educacionais formuladas pela coordenação da escola.

Um problema mais específico quanto à implantação do EAP está relacionado à administração do tempo em sala de aula e à execução da ementa da disciplina proposta para um dado período letivo. Em geral, atualmente, numa escola comum, o tempo de aula é inteiramente administrado

pelo professor que exerce um controle simples e direto sobre a cadência da apresentação da ementa. Os professores em geral sofrem forte pressão por parte das coordenações quanto ao estrito cumprimento das ementas. Se pensarmos no planejamento de aulas mais participativas, que dependam do engajamento do aluno e de uma maior liberdade de trabalho, mesmo que não seja dentro de uma perspectiva estrita de EAP, vemos que se impõem um cuidadoso planejamento do tempo e a formulação de planos de aula bem detalhados. A organização dos planos de aula passa a ser mais importante e laboriosa. Hoje em dia são poucos os professores que trabalham com planos detalhados de aula e as coordenações pedagógicas sabem disso e adaptam-se a essa realidade. Devemos esperar um natural desestímulo a qualquer proposta de mudança nesse quadro.

A proposta que discutimos a seguir, em linhas esquemáticas, procura levar em consideração essas dificuldades e procura se organizar de uma forma gradualista, inicialmente com mínima interferência na orientação pedagógica atual da escola, permitindo avanços e recuos segundo os resultados obtidos no decurso de sua aplicação.

1.6 – Introduzindo o EAP através de um modelo organizacional de baixo impacto administrativo

Vimos que a introdução de um programa pedagógico que contemple a pesquisa encontra dificuldades de estruturar-se frente às demandas rígidas de cumprimento de metas, particularmente quanto à execução da ementa, por parte da administração escolar. Propomos um programa para uma turma, uma disciplina e um grupo particular que integre a turma selecionada. As atividades deverão ser programadas para a quinta parte final das aulas regulares da disciplina (aproximadamente 20 minutos para dois tempos consecutivos de 1h40min) e para intervalos de tempo extra a serem definidos consensualmente. Os tempos curtos, em sala de aula, servem como momentos de avaliação das tarefas, conclusões parciais, agendamento de tarefas, propiciando um sentido de continuidade e de ritmo. Discussões colocadas no final da aula, por sua vez, não comprometem o andamento da aula que no mais mantém o padrão

utilizado pela escola. Os tempos extras são dedicados às tarefas práticas. A Figura 1.1 mostra esquematicamente essa disposição.

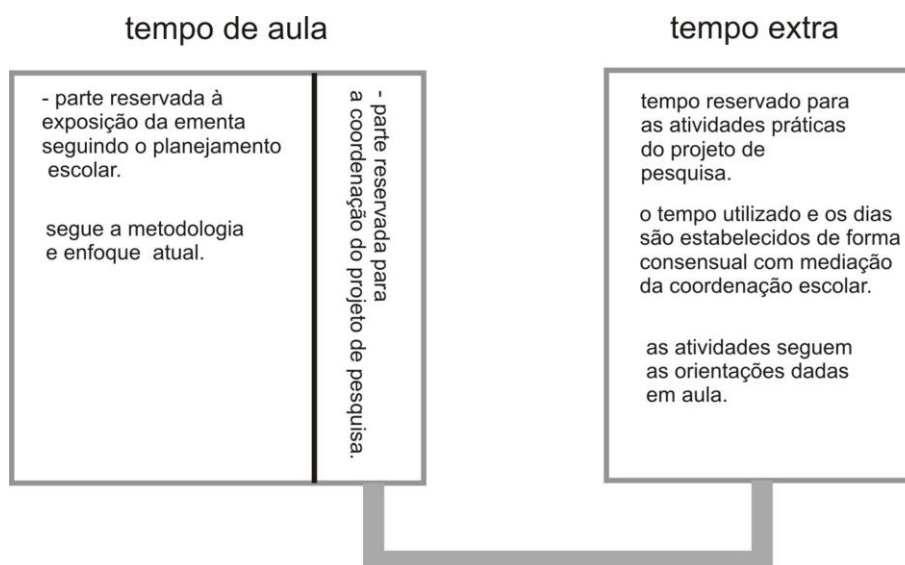


Figura 1.1 – Distribuição geral do tempo de aplicação do trabalho de pesquisa. É importante ressaltar a preservação dos planos de aula usados tradicionalmente nas disciplinas envolvidas diretamente com o projeto. Com isso, pretende-se um mínimo de interferência na estrutura escolar. Os tempos curtos usados em sala de aula bem como os tempos extras fora da sala de aula são fruto de arranjos locais. A proposta da quinta parte da aula dedicada ao projeto é apenas sugestiva e leva em conta somente a nossa experiência pessoal. A utilização de parte da aula para o projeto nem sequer precisa ser em todas as aulas.

Os membros do grupo são escolhidos por convite da coordenação pedagógica da escola e por adesão livre, mediada por uma proposta objetiva a ser apresentada pelo professor da disciplina. Como se trata de um convite da instituição, o tema da pesquisa deve ter um caráter multidisciplinar e uma dimensão social clara. Acreditamos que um tema estratégico, de impacto social abrangente, é um ponto importante da proposta quanto à mobilização dos alunos. Com temas bem contextualizados, exploramos um aspecto importante da pesquisa científica que é a sua dimensão social, atribuindo sentidos e responsabilidades aos seus executores ou participantes.

Se a disciplina central é a Física (nosso caso) e professores das outras disciplinas relacionadas ao tema participam, teremos a melhor combinação de todas. Se não for possível a adesão de um grupo multidisciplinar de professores, estimamos que uma participação apenas tópica destes outros já seja suficiente para a implantação do programa.

Acreditamos que o programa deva se estruturar como nos moldes de um programa de pesquisa profissional, com:

1. metas estabelecidas;
2. definição de cronograma;
3. sistema de avaliação;
4. divulgação de resultados.

O trabalho poderá ser enriquecido com uma interação produtiva a partir de certas ferramentas da rede internet como a criação de um blog próprio para divulgação de resultados e acompanhamento da pesquisa e/ou organização de grupos em redes sociais de modo a viabilizar a discussão dos alunos entre si e com os professores envolvidos. A utilização das redes sociais em suas práticas normais de ensino tem gerado bons resultados segundo diversos professores. A premiação de trabalhos em eventos formais organizados pelas escolas também tem sido reportada como promotores de mobilização e engajamento de estudantes contribuindo muito para o prestígio das atividades escolares.

Capítulo 2 – As questões ambientais e a escola de nível fundamental e médio

No capítulo anterior, sugerimos a importância da escolha de projetos de pesquisa bem contextualizados e multidisciplinares para a introdução de atividades de EAP nas escolas. Entre os graves problemas colocados para a humanidade no presente estão os (graves) problemas ambientais. Nesta área, abrem-se várias questões científicas da maior importância e abrem-se, concomitantemente, muitas oportunidades para o engajamento social da escola seja por sua missão básica de ensinar, mas vemos agora, também na sua missão de pesquisa e divulgação. Neste capítulo, discutimos algumas questões que ressaltam a importância da educação ambiental e, ao final, como as propostas sobre EAP podem convergir para a adoção por parte da escola de um modelo vocacional baseado nas três áreas fundamentais: ensino – pesquisa – extensão.

2.1 – Meio ambiente e educação

Os problemas ambientais têm-se tornado cada vez mais presentes em nosso cotidiano. Eles, inevitavelmente, surgem da interação do ser humano com a natureza, como consequência do desenvolvimento humano, do consumo de energia e do consumo dos recursos naturais, principalmente os não renováveis. Embora essa interação, na sua grande maioria, produza efeitos maléficos, não se pode afirmar que os problemas ambientais em evidência atualmente como: o aumento da emissão de gases do efeito estufa (GEE), buraco na camada de ozônio, aquecimento global, derretimento das calotas polares, entre outros, sejam resultado único e exclusivo da ação do homem. O que se tem certeza é que há de se ter um controle dessa ação frente ao meio ambiente hoje a fim de garantir a sua preservação para gerações futuras. A própria Constituição Federal de 1988 no seu artigo 225 nos diz que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 1988).

Dessa forma, dada emergência dos problemas, é mister que essas questões ambientais sejam abordadas o mais cedo possível no sentido de gerar uma conscientização coletiva. Uma das formas de levar este tipo de conscientização à comunidade é pela ação direta da escola, mais precisamente, pela atuação do professor em sala de aula, com ações das quais o aluno participe, ativamente, através de atividades como leitura de textos e livros atuais, debates, pesquisas, troca de experiências e outras mais que desenvolvam nos educandos reflexões críticas, que lhes façam compreender os problemas da comunidade onde vivem, refletir e criticar as ações que desrespeitam e, muitas vezes, destroem um patrimônio de todos. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN),

O aprendizado das Ciências, da Matemática e suas Tecnologias pode ser conduzido de forma a estimular a efetiva participação e responsabilidade social dos alunos, discutindo possíveis ações na realidade em que vivem desde a difusão de conhecimento a ações de controle ambiental ou intervenções significativas no bairro ou localidade, de forma que os alunos sintam-se de fato detentores de um saber significativo (Brasil, 2000, parte III, p.54).

Nesse sentido, quanto mais cedo os problemas ambientais forem tratados na escola, mais efetiva será a participação dos alunos na sociedade. Primeiramente com atitudes dentro de suas casas, com sua família e, futuramente, na sociedade na qual eles estiverem inseridos. Além disso, a Lei 9.795, de 27 de abril de 1999 (Lei 9.705/99), que dispõe sobre a educação ambiental (EA), e institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) nos afirma no seu artigo 2º que:

A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal (Brasil, 1999).

Somado a isso, o estudo de questões ambientais no contexto de sala de aula está de acordo com a proposta para introduzir os temas transversais sugeridos pelos PCN (Brasil 1999) que, sob um tratamento didático conveniente, devem perpassar o corpo de todas as áreas do conhecimento.

Isso faz com que essa abordagem favoreça a interdisciplinaridade, aglutinando várias áreas do conhecimento e propiciando um aprendizado mais efetivo. A proposta de nosso trabalho converge com as ideias apresentadas acima, pois estaremos abordando uma questão ambiental (mudanças climáticas) sob um ponto de vista interdisciplinar e propiciando um ambiente de pesquisa científica para alunos da educação básica, mais especificamente do EM.

2.2 – Os problemas relacionados às mudanças climáticas: Qual a responsabilidade da escola?

Do ponto de vista científico, as mudanças climáticas, numa visão global, são influenciadas diretamente pela atividade humana. O IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, da sigla em Inglês, ou Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, em português) foi criado pela ONU em 1988 como objetivo de reunir, sistematizar e publicar grande parte do conhecimento científico em processo de construção que seja relevante para o entendimento das mudanças do clima. Até hoje foram produzidos quatro relatórios. O primeiro, em 1990, apontava evidências do aumento dos gases do efeito estufa, fornecendo assim dados para a formulação da Convenção das Mudanças Climáticas, elaborada pelos países participantes da Conferência Eco-92 e ratificada em 1994. Os segundo e terceiro relatórios, publicados, respectivamente, em 1995 e 2001, tratavam de fundamentar as negociações do Protocolo de Quioto, que regulamentou a Convenção que entrou em vigor em 2005. Já o quarto relatório, lançado em 2007, reconhece e adverte que as atividades promovidas pela ação humana têm acelerado a mudança global do clima.

Embora o último relatório do IPCC tenha sido lançado há aproximadamente seis anos, essas informações ainda não atingiram todas as camadas da população. Faz-se necessário que esses resultados percam o caráter tecnicista de modo a aproximar-se de uma ação mais cidadã, promover um aumento do envolvimento político/social e a repensar a emissão dos GEE. Lembramos que a lei 9795/99, nos seus artigos 10 e 11, nos afirma que:

Art. 10. A educação ambiental será desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal.

§ 1º A educação ambiental não deve ser implantada com disciplina específica no currículo do ensino.

§ 2º Nos cursos de pós-graduação, extensão e nas áreas voltadas ao aspecto metodológico da educação ambiental, quando se fizer necessário, é facultada a criação de disciplina específica.

§ 3º Nos cursos de formação e especialização técnico-profissional, todos os níveis, deve ser incorporado conteúdo que trate da ética ambiental das atividades profissionais a serem desenvolvidas.

Art. 11. A dimensão ambiental deve constar dos currículos de formação de professores, em todos os níveis e em todas as disciplinas.

Parágrafo único. Os professores em atividade devem receber formação complementar em suas áreas de atuação, com o propósito de atender adequadamente ao cumprimento dos princípios e objetivos da Política Nacional de Educação Ambiental(Brasil, 1999).

É interessante notar que a letra da lei no artigo 10, parágrafo 1º, nos diz que a EA não deve entrar como disciplina específica do currículo para que não caia na compartimentação do conhecimento e favoreça, dessa forma, a integração das demais disciplinas e a interdisciplinaridade. Embora todas as referências citadas apontem para uma inserção da EA nos níveis mais básicos da educação, ainda se faz necessário transpor alguns obstáculos como:

- Institucionalização da educação ambiental nas secretarias de educação de modo a inseri-la na estrutura organizacional dessas instituições, promovendo a articulação com demais políticas educacionais;
- Incorporação da EA nas diretrizes curriculares dos cursos de bacharelado e licenciatura para alimentar uma prática de ensino mais contextualizada e interdisciplinar;
- Promover a formação em serviço em EA garantindo a sua continuidade e a articulação com demais ações de formação desenvolvidas pelas secretarias de educação;

- Favorecer a articulação dos projetos de EA aos projetos educativos da escola, oferecendo aos professores condições de trabalhar coletivamente e de forma integrada e interdisciplinar;
- Viabilizar aos professores o acesso a informações atualizadas, visto que as questões ambientais estão em constante mudança.

Assim, vencidas essas barreiras, a EA poderá desenvolver e promover atitudes, posturas éticas em relação às questões ambientais e, conseqüentemente, reflexões sobre elas.

2.3 – O modelo de escola baseado no trinômio ensino – pesquisa – extensão

Considerando a proposta de um projeto de pesquisa institucionalizado como um formato prático para aplicação do EAP pela escola, considerando temas de pesquisa contextualizados que tenham uma relação com a comunidade à qual se liga a escola, vê-se que estamos a um passo da proposição de um modelo de gestão escolar baseado no trinômio ensino – pesquisa – extensão, tão caro aos movimentos docentes universitários em suas proposições nas últimas décadas para a gestão das universidades brasileiras. Se vincularmos ao projeto de pesquisa a obrigação da geração de um produto de alcance social, ligado particularmente à comunidade do entorno escolar, teremos uma aplicação natural de extensão.

Os pontos que foram apresentados servem de argumento para que o professor interessado em propostas EAP possa apresentá-la à coordenação de sua escola. Da proposta, caminhamos naturalmente para uma mudança de orientação escolar que não envolve maiores recursos administrativos e que, no entanto, tem a possibilidade de alterar sensivelmente a maneira como a escola é encarada pelo corpo de alunos, por demais professores e pela comunidade. Com o advento do ENEM, têm surgido depoimentos sobre escolas que mudaram profundamente seu desempenho a partir do momento em que envolveram suas respectivas comunidades (pais e familiares) em seus problemas.

O trabalho que será apresentado nos capítulos III e IV é uma proposta de pesquisa científica aplicada ao Ensino Médio com um enfoque interdisciplinar em meio ambiente.

Capítulo 3 – Uma proposta de Ensino de Física através da Pesquisa em base interdisciplinar

Neste capítulo, discutimos uma proposta de pesquisa para o projeto de ensino que apresentamos no capítulo I. Na formulação que adotamos aqui, consideramos a Física como a **disciplina-centro** do projeto. Como o tema base é multidisciplinar, vários conceitos e teorias de outras áreas se apresentam naturalmente na sua formulação. Certamente esses assuntos seriam melhor explorados com a participação direta de professores destas outras áreas, notadamente aqui, a Química, a Biologia e a Geografia. No que se segue, consideramos que é sempre possível conseguir estabelecer algum tipo de apoio de outros professores pelo menos no que diz respeito à estruturação conceitual utilizada na proposta de pesquisa. Embora mencionados, não vamos nos deter aqui nesses conceitos das áreas associadas e nem nas repercussões previsíveis que podem acarretar a sua utilização na perspectiva didático-pedagógica dessas outras disciplinas.

Do ponto de vista da Física como disciplina-centro, é importante associar a proposta de pesquisa à ementa de Física já apresentada ou ainda em curso no trabalho com a turma piloto. Em outras palavras, a proposta de pesquisa dever ser contextualizada na disciplina-centro. A ideia subjacente nos projetos multidisciplinares é, se assim podemos nos expressar, que as disciplinas possam ser misturadas, mas não confundidas. Ao professor de Física cabe ensinar Física e assim para as outras áreas.

No presente projeto, como professor de Física, procuramos estabelecer como **metas** do projeto de pesquisa:

- utilização intensiva de um método científico adequado;
- utilização de recursos computacionais em software que ampliem a capacidade dos alunos na análise de dados;
- utilização de instrumentação básica assistida pelo PC; temos aqui como elemento mais claramente definido o uso da plataforma Arduino, uso de transdutores e a articulação de elementos de eletrônica básica;

- utilização intensiva de atividades que envolvam a preparação de textos escritos pelos alunos; particularmente através da preparação de relatórios, resumos técnicos e material de divulgação.

Como **objetivo didático**, pensamos estudar exemplos de sistemas físicos caracterizados por mecanismos de retroalimentação. Nos mecanismos de retroalimentação (*feedback*), a intensidade da “causa” é regulada pelo “efeito”, podendo ser intensificada (retroalimentação positiva) ou enfraquecida (retroalimentação negativa). A Figura 3.1 ilustra esquematicamente essa relação.



Figura 3.1 – Representação esquemática do mecanismo de retroalimentação.

Para que condições estacionárias ou de equilíbrio dinâmico ocorram é necessário o concurso simultâneo das duas tendências antagônicas. Por sua vez, são muitos os exemplos de interesse em Física. Um exemplo de sistema com retroalimentação positiva e negativa, particularmente ilustrativo, Figura 3.2, é um mecanismo de controle de velocidade para máquinas a vapor, parcialmente aperfeiçoado por James Watt no século XIX.

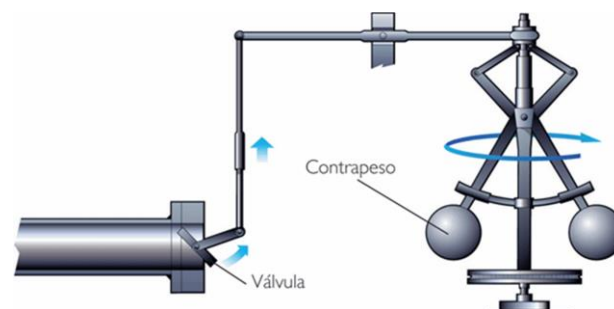


Figura 3.2 – Exemplo de funcionamento do regulador centrífugo de Watt

Atualmente os climatologistas se mostram muito preocupados com a manifestação de mecanismos de retroalimentação nas trocas energéticas envolvendo o sistema climático, atmosfera e oceanos. Esses mecanismos tendem a potencializar os desequilíbrios entre entrada e saída de energia aumentando as taxas globais de aquecimento, como no período atual, (interglacial) ou as taxas de resfriamento nos períodos antecedentes às glaciações. Um alerta surgiu com a descoberta recente dos paleoclimatologistas, baseados no estudo da composição do ar atmosférico retido nas camadas de gelo polar e na composição de sedimentos marinhos, de que mudanças abruptas do clima são possíveis e foram frequentes no passado, ressaltando assim a importância dos mecanismos de retroalimentação (Carey, 2012).

Um mecanismo de retroalimentação positivo de descoberta relativamente recente diz respeito ao ciclo do metano. Com o aumento das temperaturas, particularmente dos oceanos e de terrenos congelados no círculo polar, massas de metano retidas nessas áreas estão sendo liberadas, alterando a composição química do ar atmosférico. O metano é um perigoso gás de efeito estufa, muito mais perigoso que o dióxido de carbono. Com isso, temos um esquema perverso em que mais aquecimento produz mais metano, e mais metano produz mais aquecimento. Esse mecanismo tem preocupado muito os climatologistas, como podemos encontrar no importante trabalho de Schuur *et al.* (2008).

Como **objetivo programático**, propomos estudar algumas fontes locais de metano para a atmosfera. Particularmente interessante em termos de um país tropical como o nosso é a liberação de metano nos lixões das cidades e a liberação de metano em terrenos naturais de composição orgânica como as turfas. A título de informação, reproduzimos aqui o excelente resumo apresentado na Wikipédia em português sobre turfa:

turfa é um material de origem [vegetal](#), parcialmente decomposto, encontrado em camadas, geralmente em regiões pantanosas e também sob montanhas (turfa de altitude). É formada principalmente por [Sphagnum](#) (esfagno, grupo de musgos) e Hypnum, mas também de juncos, árvores, etc. Sob condições geológicas adequadas, transformam-se em [carvão](#), através de emissões de metano vindo das profundezas e da preservação em ambiente anóxico. Por ser [inflamável](#), é utilizada como [combustível](#) para aquecimento doméstico. Sua composição é definida como Substâncias Húmicas (Ácido Húmico, Ácido fúlvico e Humina) e Substâncias Não-húmicas. Substâncias Húmicas possuem estrutura química não bem definida, sabe-se que possuem sítios de adsorção compostos por grupos ácidos carboxílicos, cetona, hidroxilas fenólicas e alcoólicas. Já a Substância não-húmica é composta por estruturas bem definidas, como lignina, proteínas, etc. Por conter em sua estrutura estes grupos funcionais, é utilizada como [adsorvente](#) de vários metais pesados presentes em ambientes aquáticos e em solos, onde complexam esses metais, contribuindo para o equilíbrio do meio ambiente.

Na cidade do Rio de Janeiro, é possível localizar vários terrenos de turfa particularmente nas regiões no entorno da baía de Guanabara que pode ser alvo de atenção da escola e do projeto.

3.1 – O efeito estufa

No que se diz respeito à EA, meio ambiente, sustentabilidade, entre outros temas relacionados, os termos efeito estufa, aquecimento global, buraco na camada de ozônio, CFC's (clorofluorcarbonetos) vêm logo à tona. Não necessariamente em igual proporção. Os termos que estão na ordem do dia são: aquecimento global e efeito estufa. No entanto, embora esses termos “estejam na moda”, isso não significa que eles façam parte do senso comum. A título de curiosidade, nas escolas em que trabalho, comecei a perguntar aos meus alunos e até mesmo aos meus colegas de profissão, informalmente, o que era o efeito estufa, se ele era maléfico ou benéfico e quais as suas consequências. Como essa “pesquisa” teve um caráter estritamente informal, não me preocupei em registrar ou tabular os resultados. No entanto, me surpreendi com o número de pessoas que, por exemplo, afirmaram que o efeito estufa é algo prejudicial ao nosso planeta ou que simplesmente não sabiam o que era.

A atmosfera é uma fina camada, composta por alguns gases, e que envolve todo o planeta. Entre os gases que a compõem estão: nitrogênio (N₂), aproximadamente 78% e oxigênio (O₂) contribuindo com 21%. O 1% restante é

composto por uma infinidade de outros gases minoritários como: argônio (Ar), neônio (Ne), xenônio (Xe) e alguns outros, totalizando 0,93%; o dióxido de carbono (CO₂) com 0,03% e o restante, 0,04%, de outros elementos como dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃) e também o vapor d'água (H₂O_(vapor)). A composição dos principais gases, N₂ e O₂, na atmosfera não têm apresentado mudanças ao longo da história, entretanto, algumas alterações se deram principalmente nos componentes minoritários, como o CO₂, por exemplo. Esses gases são denominados gases de efeito estufa (GEE) por terem a capacidade de reter o calor na atmosfera, da mesma maneira que o vidro de uma estufa retém o calor para o cultivo de plantas. Os principais GEE são o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) e também o vapor d'água. Eles provocam a retenção da radiação infravermelha IV na atmosfera, equilibrando a energia que chega com a energia que é liberada e mantendo a temperatura da Terra em aproximadamente 15°C. Sem os gases do efeito estufa, a temperatura do nosso planeta estaria 33°C abaixo desse valor (Rocha, 2009).

O efeito estufa é um fenômeno natural do planeta Terra. Ele é o responsável pelo balanço de radiação, ou seja, o saldo entre a quantidade de energia radiante que incide na Terra e a quantidade de energia radiante que emerge dela. No efeito estufa natural, a radiação solar entra na atmosfera na forma de luz. Parte dessa radiação é refletida e espalhada pela própria atmosfera (30%); uma outra parcela (19%) é utilizada para aquecê-la; o restante (51%) chega à superfície da Terra. Dessa parcela, que chega na forma de energia eletromagnética em vários comprimentos de onda (ultravioleta, visível e infravermelho), parte é refletida pela superfície do planeta que, ao interagir com as moléculas dos GEE, é espalhada e uma parcela retorna à atmosfera na forma de radiação infravermelha, calor, como mostra a Figura 3.3 (Lenzi, 2011).

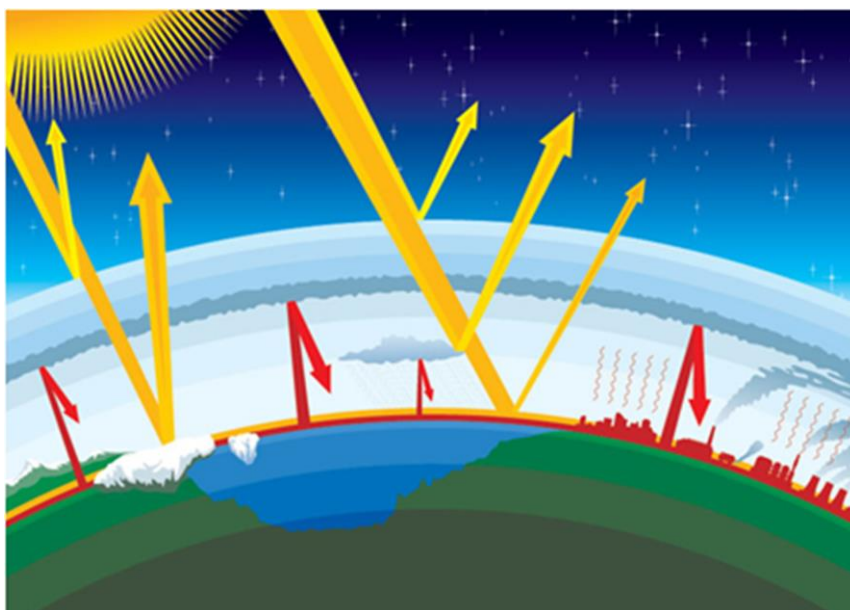


Figura 3.3 - Representação esquemática do efeito estufa.

3.2 – O metano na atmosfera: absorção e sumidouros

O metano é um gás incolor, sua molécula é tetraédrica, Figura 3.4, e apolar (CH_4), de pouca solubilidade na água e, quando adicionado ao ar, transforma-se em mistura de alto teor inflamável. É o mais simples dos hidrocarbonetos (Baird, 2011).

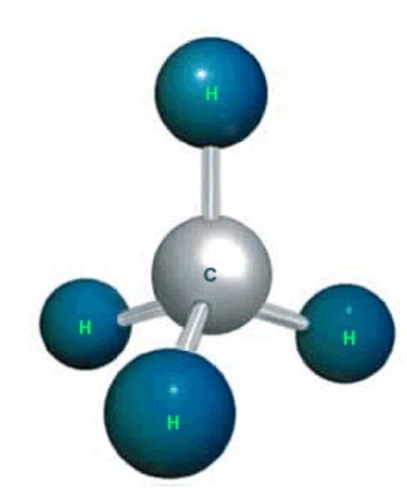


Figura 3.4 – Molécula de metano (CH_4).

Depois do dióxido de carbono e do vapor d'água, o CH₄ é o gás do efeito estufa mais importante. Em comparação com o longo tempo de vida de um século do CO₂ emitido, as moléculas de metano no ar possuem um tempo de vida de somente cerca de uma década. Na atmosfera ele é encontrado na proporção de 1,7 ppm (partes por milhão). Segundo Rocha (2009), as principais fontes de emissão de metano são:

- Emissão através de vulcões de lama e falhas geológicas;
- Decomposição de resíduos orgânicos;
- Fontes naturais (pântanos);
- Extração de combustível mineral (o metano é extraído de depósitos geológicos como um combustível mineral juntamente com outros combustíveis hidrocarbonetos);
- Processo de digestão em animais herbívoros;
- Bactérias encontradas em plantações de arroz;
- Aquecimento ou combustão de biomassa anaeróbica;
- Áreas alagadas por usinas hidrelétricas.

Aproximadamente 70% das atuais emissões de metano são de origem antropogênica, ou seja, causados por ações do homem, entre as principais estão:

- Produção/Distribuição de energia;
- Criação de gado ruminante;
- Plantação de arroz;
- Queima de biomassa;
- Aterro sanitário.

Embora o metano seja encontrado em menor quantidade na atmosfera, quando comparado com o CO₂, ele apresenta uma contribuição, aproximadamente, 25 vezes maior para intensificar o efeito estufa (IPCC, 2007). Segundo IPCC (2007), cada gás do efeito estufa apresenta um fator chamado *potencial de aquecimento global* (PAG). Esse fator indica o potencial de cada molécula para contribuir para o efeito estufa. Sendo assim, para se

fazer uma estimativa de contribuição para o efeito estufa, é necessário saber a concentração de determinado gás presente na atmosfera e o seu PAG. Para facilitar a comparação, ficou estabelecido que o CO₂ tem PAG igual a 1. A tabela 3.1 faz uma comparação entre os principais gases do efeito estufa.

Tabela 3.1 - Principais gases do efeito estufa e seu potencial de aquecimento global e sua estimativa de contribuição ao aumento do efeito estufa

Gás	Principais fontes antrópicas	PAG*	Estimativa de contribuição
CO ₂	Combustão de combustível fóssil, queima de biomassa	1	55%
CH ₄	Campos de arroz, gado, produção de petróleo	24	15%
N ₂ O	Fertilizantes, queima de biomassa, produção de ácidos nítrico e adípico	270	6%
CFC-12	Gás para refrigeração	7100	10%

PAG*: Potencial de aquecimento global

Apesar de termos muitas fontes de produção de metano, existem também alguns sumidouros. Segundo Baird (2011), o maior sumidouro de metano da atmosfera, responsável por 90%, é a sua reação com as moléculas de radical hidroxila (OH) que transforma metano em monóxido de carbono (CO) e em seguida em CO₂. Os outros dois responsáveis pelos 10% restantes são a sua absorção por solos aerados, por bactérias metanotróficas, que têm no metano seu único alimento, e sua perda para a estratosfera, sofrendo oxidação e gerando vapor d'água.

Ainda existem grandes incertezas em relação às emissões das fontes de metano. Isso dificulta a avaliação do impacto das emissões individuais no balanço global do metano. Estima-se que as variações observadas na concentração atmosférica do metano apontam que podem estar ocorrendo mudanças nas suas fontes e/ou em seus sumidouros (Baird, 2011).

Embora as taxas do metano atmosférico estejam estabilizadas (Figura 3.5) cientistas acreditam que elas podem não se manter assim no futuro, dadas as possibilidades de aumento desses níveis com a intensificação do uso de gás natural, através de mecanismos de retroalimentação positiva das fontes

biológicas, em função das mudanças globais e do decréscimo na concentração global do radical hidroxila (OH) (Baird, 2011).

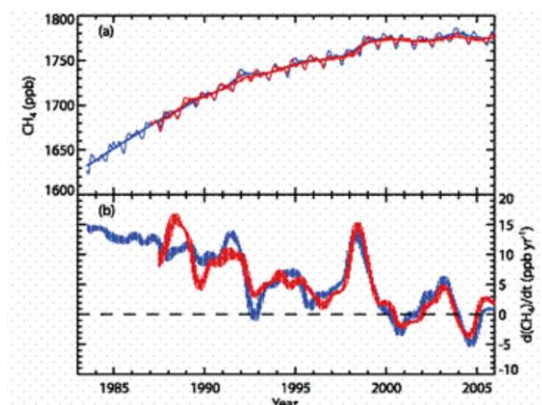


Figura 3.5 - Crescimento da concentração de metano na atmosfera e valores anuais de concentração para duas séries de medidas. (Fonte IPCC Quarto Relatório de Assessoramento)

3.3 – O *permafrost* e os mecanismos de retroalimentação na emissão de metano

Existe uma quantidade imensa de metano aprisionado em regiões de *permafrost* ao norte do planeta (ver Figura 3.6). O *permafrost* ou pergelissolo (em língua portuguesa) é um tipo de solo encontrado na região do ártico. Ele é constituído por terra, gelo e rochas permanentemente congelados e recobertos por uma camada de gelo e neve que pode atingir até 300 metros de profundidade no inverno e 2 metros no verão tornando a superfície do solo pantanosa, visto que as águas não são absorvidas pelo solo congelado (Carey, 2012).



Figura 3.6 - Região de *permafrost* ao norte do Círculo Polar Ártico.

Abaixo dessa região de *permafrost*, existe uma imensa quantidade de matéria orgânica com um potencial de liberação de CO₂ e CH₄ maior que os níveis existentes na atmosfera. De acordo com o IPCC (2007), as emissões globais de metano, de todas as fontes, tanto naturais quanto antropogênicas, são cerca de 500 – 600 milhões de toneladas métricas por ano. A ilustração abaixo, Figura 3.7, apresenta três diferentes regiões de *permafrost*. O desenho da esquerda ilustra um *permafrost* contínuo, o do centro um *permafrost* descontínuo e o da direita um *permafrost* esporádico. Com o derretimento dessa camada de gelo, cria-se um ambiente com pouco oxigênio e com depósito de água, condições propícias ao desenvolvimento de micro-organismos metanogênicos, aumentando consideravelmente as taxas de emissão do CO₂ e do CH₄ (Carey, 2012).



Figura 3.7 - Diferentes tipos de *permafrost*.

O aumento do nível dessas taxas pode estar impulsionando a Terra para um período de mudanças climáticas muito rápidas. Para explicar essas mudanças, os cientistas acreditam em uma hipótese de mecanismos de retroalimentação (*feedback*), ou seja, nesse caso, uma maior concentração de gases do efeito estufa estaria contribuindo para o aumento da temperatura que estaria derretendo ainda mais o *permafrost* e conseqüentemente liberando mais CO₂ e CH₄. Esse mecanismo é ilustrado abaixo, Figura 3.8.



Figura 3.8 - Mecanismo de retroalimentação positiva no *permafrost*.

A ilustração da figura 3.8 nos mostra um mecanismo de retroalimentação positiva, ou seja, uma reação a um estímulo inicial que amplifica o efeito desse estímulo ciclicamente. Além da retroalimentação na emissão do metano, outros mecanismos também apresentam retroalimentação positiva. Um exemplo desse mecanismo ocorre, quando, com o derretimento do *permafrost* a área coberta de neve diminui consideravelmente, reduzindo o albedo, ou seja, a refletividade da luz do Sol sobre a superfície da Terra. Com a diminuição da refletividade ocorre uma intensificação do aquecimento global e conseqüentemente um maior derretimento do *permafrost*. Outro exemplo de retroalimentação positiva acontece no momento em que o aquecimento também leva a uma maior evaporação e conseqüentemente a um aumento do vapor d'água na atmosfera. Com mais vapor d'água na atmosfera, maior será o aquecimento global, gerando ainda mais vapor d'água.

Embora os mecanismos de retroalimentação citados anteriormente intensifiquem o efeito estufa, se somente eles estivessem atuando, o efeito de amplificação já teria elevado a temperatura da Terra para valores catastróficos. Existem também mecanismos de retroalimentação negativa, ou seja, a reação a um estímulo inicial que minimiza o efeito desse estímulo ciclicamente. Esses mecanismos servem como controladores da retroalimentação positiva. Entre os principais estão as partículas de aerossóis as quais, lançadas na atmosfera, podem refletir a luz solar amenizando o efeito estufa e o aquecimento o qual

leva à aceleração do crescimento de plantas, aumentando o consumo de CO₂, diminuindo seu teor na atmosfera, contribuindo para a redução do efeito estufa.

No capítulo seguinte, apresentamos os aspectos práticos da presente proposta de trabalho de pesquisa científica aplicada no Ensino Médio. O trabalho envolve a simulação de diferentes tipos de solos ricos em matéria orgânica onde queremos avaliar a taxa de emissão de metano em função da temperatura. A partir dessa relação, serão analisados mecanismos de retroalimentação positiva e negativa. O trabalho terá uma abordagem em meio ambiente, com caráter interdisciplinar, podendo ser aplicado em qualquer série do Ensino Médio.

Capítulo 4 – Projeto de pesquisa sobre fontes de metano: aspectos práticos e operacionais

Neste capítulo, detalhamos o conjunto de atividades sugeridas para o projeto de pesquisa proposto no capítulo anterior. É importante, desde já, deixar claro que se trata de uma sugestão que admite diferentes tratamentos e arranjos. Seria aqui muito difícil esgotar todas as possibilidades. A maior parte das atividades se realiza no ambiente escolar e no domicílio dos alunos envolvidos. Em menor número, temos um conjunto de atividades fora da escola que podem envolver a visita a áreas de turfa e em lixões urbanos.

Embora muito útil para aplicações de EAP, um laboratório escolar não se faz imprescindível. Será necessária uma área aberta, segura, com iluminação natural, com tomada elétrica e um ponto de água para lavagens. Os poucos equipamentos, ferramentas e materiais de consumo podem ser facilmente guardados em armários indicados pela direção da escola.

4.1 – Atividade A – observação de fenômenos de produção de metano

A atividade central é de natureza experimental: verificar a produção do metano por diferentes materiais orgânicos submetidos a uma degradação natural em ambiente controlado.

1. Descrição: essa atividade procura responder se o metano é produzido por material orgânico em decomposição como indicado pelas discussões preliminares apresentadas pelo professor. Para essa atividade projetamos, construímos e testamos algumas montagens experimentais baseadas em matérias de baixo custo e de fácil acesso, disponíveis no comércio local. Uma das montagens consiste em um recipiente para material orgânico, resistente e com tampa de vidro. No recipiente, adaptamos um sensor de metano acessível e de baixo custo, controlado por uma placa Arduino conectada a uma placa de extensão (*shield*) para aquisição dos dados em cartão de memória. O sensor é o MQ-4 da empresa *Henan Hanwei Electronics Co. Ltd.* (www.hwsensor.com) e todos os seus parâmetros técnicos estão listados no Anexo A.

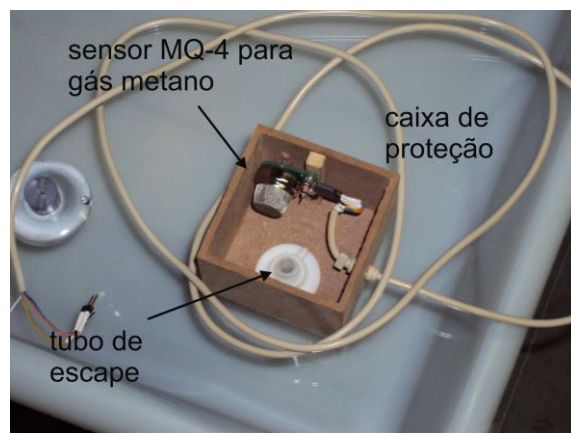
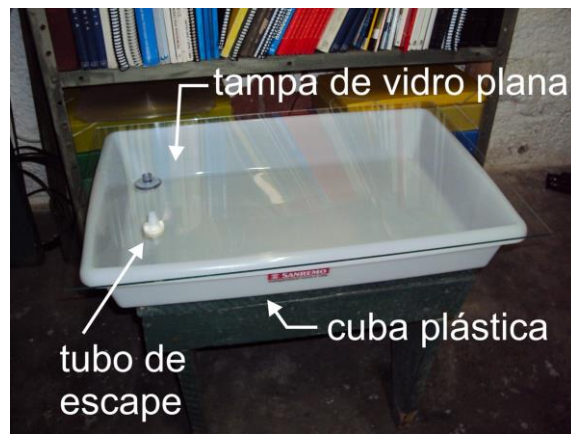


Figura 4.1 – Um dos modelos de digestor carregado com terra vegetal para observação da produção de gás metano.

O sensor MQ-4 é uma resistência feita com um material semicondutor, o óxido de estanho, que tem a propriedade de adsorver, ou seja, depositar em sua superfície, o metano e alguns outros hidrocarbonetos leves como o butano e o propano.

A sua resistência elétrica se altera com a concentração de metano da atmosfera em contato com o resistor. Para funcionar, o sensor deve se manter quente. A temperatura de trabalho é 100°C, suprida por *efeito joule* através de uma resistência metálica anexada ao corpo do sensor. Na Figura 4.1, mostramos a montagem.

O sistema de detecção do digestor é composto pelo sensor de metano MQ-4 e um termômetro digital modelo DS18B20 (9 – 12 bits, programável) da Maxim (ver folha de dados no Anexo A). Projetamos essa solução para permitir a medida da concentração de metano e a temperatura do digestor, simultaneamente, como proposta inicial. Naturalmente, dependendo do curso do trabalho, outros sensores podem ser introduzidos, e aqui vemos uma das vantagens da utilização da plataforma Arduino.

O sensor MQ-4 é conectado à placa Arduino segundo o esquema da Figura 4.4. Todo o sistema é alimentado por uma fonte de tensão de 9,0 VDC, facilmente adquirida no mercado. O consumo total de energia é muito baixo, inferior a 3 W. Embora o sensor MQ-4 seja mantido na temperatura de 100 °C, o seu consumo é baixo, inferior a 2W. Esse sensor pode ser alimentado pela fonte de 5 VDC da própria placa Arduino, mas achamos prudente (devido a longa duração das medidas) introduzir uma fonte externa usando uma derivação da fonte de 9 V da Arduino e um regulador de tensão para 5 V simples (LM7805).

Para o registro contínuo das medidas, utilizamos uma placa acoplada à Arduino (*shield*) que permite a gravação dos dados em um cartão de memória. Esse acessório é fornecido pela Adafruit (USA) e todos os detalhes de montagem podem ser encontrados na página, <http://www.adafruit.com/products/243> (último acesso em 27/08/2012). A Figura 4.5 mostra o acoplamento do *shield* com a placa Arduino. O programa de

controle da Arduino (sketch) para essa montagem está no Anexo B. A saída de resultados é uma tabela de dados em quatro colunas: na primeira coluna temos a data, na segunda a hora, na terceira a queda de tensão no sensor MQ-4, que por sua vez é diretamente ligado à concentração de metano, e por fim a terceira coluna com a temperatura.

Na Figura 4.2 apresentamos outra montagem idealizada para simular a estrutura de um lixão urbano.



Figura 4.2 – Modelo de digestor carregado com terra vegetal, esterco e matéria orgânica, para a observação da produção do gás metano.

Nessa montagem, os alunos podem estudar o processo de decomposição de diferentes materiais orgânicos simulando o que ocorre nos lixões urbanos.

Os alunos são instruídos a analisar os resultados registrados nos cartões de memória através da construção de gráficos. A plataforma mais natural é uma planilha eletrônica como, por exemplo, o programa EXCEL da Microsoft. Parte desse trabalho pode receber uma valiosa colaboração do professor de Informática e parte do trabalho pode ser realizado no laboratório de informática da escola que em geral, atualmente, está bem equipado nessa área.

Como complemento à atividade A, o professor responsável pelo projeto, juntamente com outros professores envolvidos, pode propor visitas a regiões onde se possam encontrar solos turfosos. A escolha do local pode ser feita juntamente com os professores de Geografia e Biologia. Outra possibilidade interessante de visita para medições dos níveis de metano é um aterro sanitário. É importante que essas visitas estejam dentro de um cronograma previamente apresentado e aprovado pela coordenação da escola e que os alunos estejam devidamente autorizados pelos seus responsáveis. A simplicidade e a leveza do circuito para medição do metano e da temperatura permitem que ele seja transportado com facilidade para locais fora da escola. A única adaptação necessária dá-se em relação à alimentação. Utiliza-se uma bateria de 9VDC no lugar da fonte de tensão que é ligada à rede elétrica.

Estando no local definido para as medições, seja em um ambiente de solo turfoso, seja em um aterro sanitário, estima-se que um tempo de duas horas seja o suficiente para fazer todas as medições. A sugestão é que se façam medidas em pelo menos dois pontos diferentes do mesmo local, alterando-se a distância em relação ao solo. Essa alteração na distância permite verificar a diferença na concentração do gás entre os pontos escolhidos. Para a fixação do sensor em diferentes tipos de terrenos, é possível fazer uma adaptação para que ele seja encaixado em tubos de PVC

de 40 mm fincados no solo. A Figura 4.3 abaixo apresenta uma maneira simples de se fazer essa fixação.

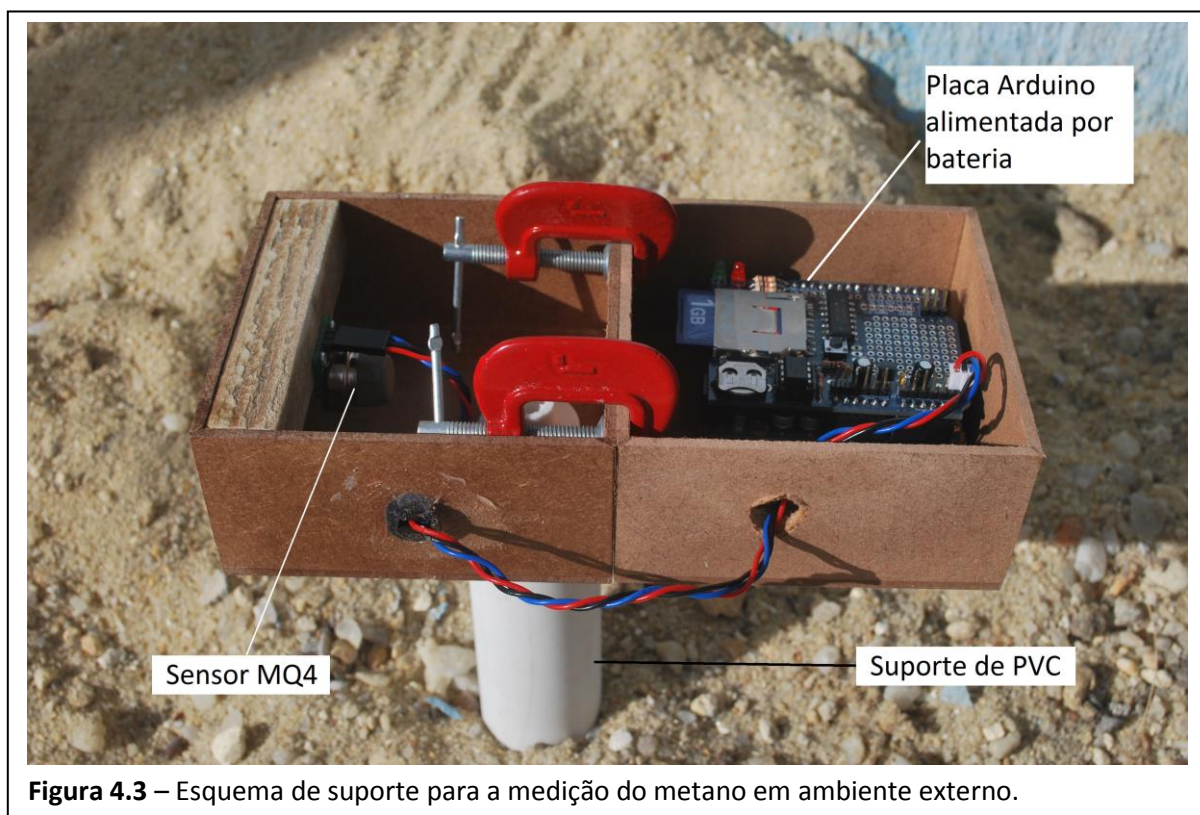


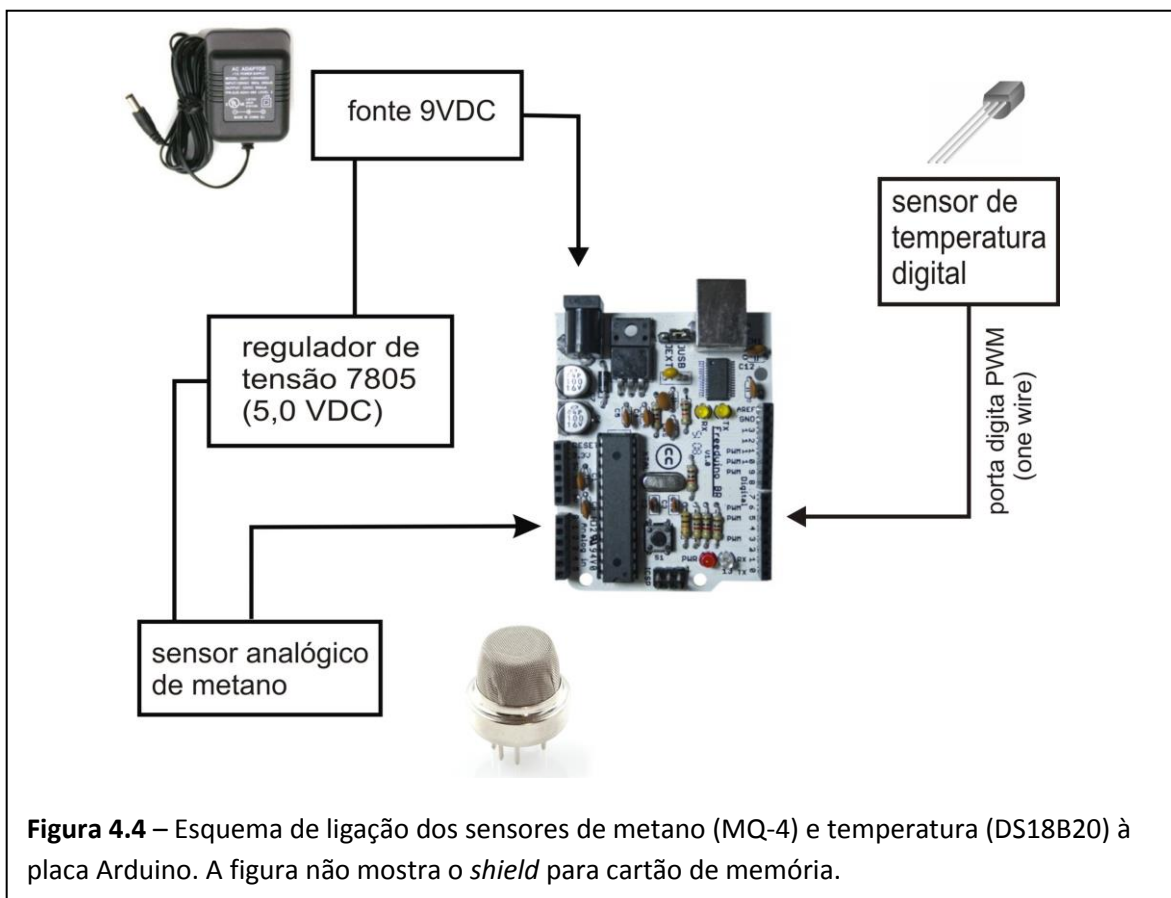
Figura 4.3 – Esquema de suporte para a medição do metano em ambiente externo.

2. Preparação para a Atividade A (pré-requisitos): como preparação prévia, o professor deve adquirir os componentes necessários e construir os equipamentos a serem utilizados pelo grupo. Como indicamos anteriormente, em algumas outras propostas, é possível envolver os alunos nessa fase também. Será muito útil contar com um conjunto de ferramentas básicas e acessórios simples, como um multímetro, alicate, ferro de solda, uma matriz de contatos (*proto-board*) e outros. O principal ponto a ser articulado é a placa Arduino e seu princípio de funcionamento e o professor precisa ser proficiente nesse assunto. Há dois caminhos básicos possíveis de serem adotados:

- o professor faz uma apresentação detalhada previamente sobre a placa Arduino, hardware e software (IDE), se utilizando de montagens didáticas, até formar uma base sólida para as aplicações no projeto em discussão. Isso pode

ser organizado até mesmo, de forma independente, no ano anterior ao da aplicação do projeto;

- o professor apresenta a placa Arduino, os demais acessórios, Figuras 4.4 e 4.5, e a programação adotada (*sketch*) para a execução das medidas, dentro de uma perspectiva operacional, isto é, de como operamos o equipamento para obter as medidas desejadas. Com o passar do tempo, o professor usa a própria montagem experimental para que os alunos aprendam a trabalhar com a Arduino.



Na Figura 4.6, mostramos alguns gráficos de alguns resultados típicos. Na Figura 4.6(a), vemos o comportamento do sensor MQ-4 na montagem retratada na Figura 4.1, em que usamos terra vegetal. A composição dessa terra, comprada diretamente em lojas de plantas ornamentais, está descrita no Anexo C. A curva (I) mostra a saída de dados do sensor MQ-4 na situação em que o digestor está em ambiente interior, com temperatura ambiente constante e sem incidência de luz solar direta. Esse resultado é idêntico ao observado com o sensor exposto ao ar livre e mostra, portanto, nenhuma atividade de produção de metano. A curva (II) mostra a situação observada com a bandeja sob incidência direta da luz solar. Os resultados evidenciam que, sob luz solar direta, encontramos uma certa produção de metano. Na Figura 4.6(b), observamos o comportamento do MQ-4 diante de uma terra vegetal enriquecida com esterco de boi, montagem retratada na Figura 4.2. O recipiente utilizado foi uma caixa de gordura de plástico, facilmente encontrada em lojas de materiais de construção. A terra e a matéria orgânica foram acomodadas em camadas alternadas. Os tubos mostrados nas figuras foram colocados a profundidades diferentes para captar o metano produzido sob o solo e também para fornecer a possibilidade de analisar alguma diferença na emissão do gás em função da profundidade. O digestor foi colocado em um local onde a incidência direta de luz ocorria no período da tarde. O início do processo ocorreu por volta das 18:00 do dia 07/01/2013 e teve a duração de aproximadamente 22 horas. Percebe-se que os maiores picos na saída de dados do sensor ocorre por volta das 15 horas do dia 08/01/2013, ou seja, período de maior incidência direta de luz solar no local em que se encontrava o digestor.

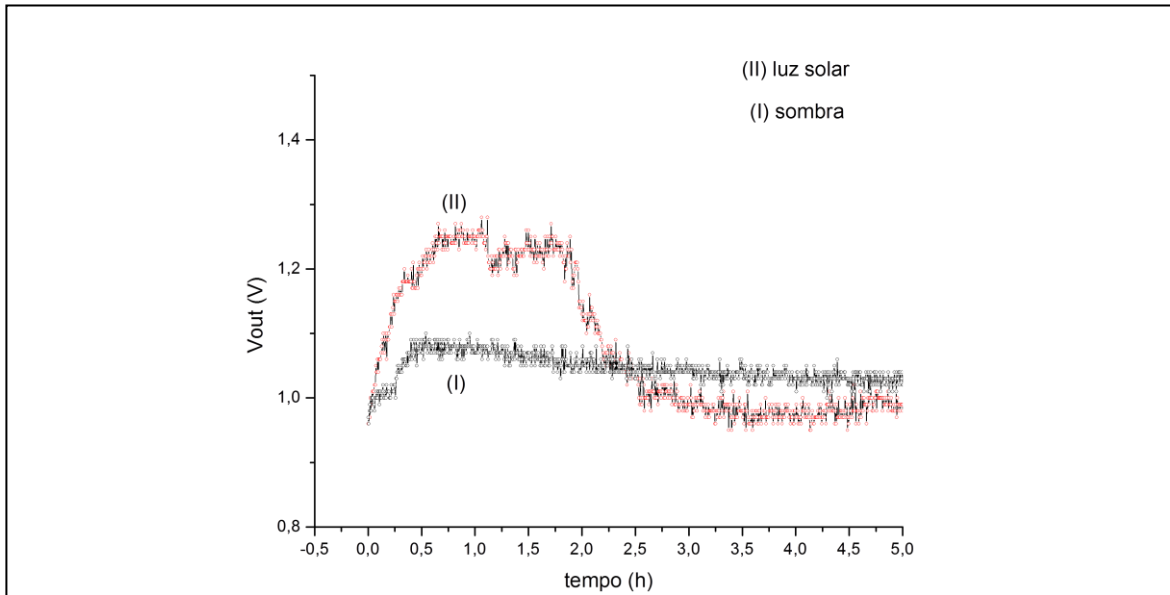


Figura 4.6(a) – O gráfico mostra o sinal gerado pelo sensor MQ-4 no digestor contendo terra vegetal (Anexo C). A curva I (preto) mostra a situação com o digestor situado em ambiente fechado, sem luz do sol direta. A pequena subida observada no início da curva é esperada e corresponde ao tempo necessário para o sensor entrar em regime estacionário. A curva II (vermelho) mostra a situação do digestor colocado em ambiente externo, sob luz solar direta.

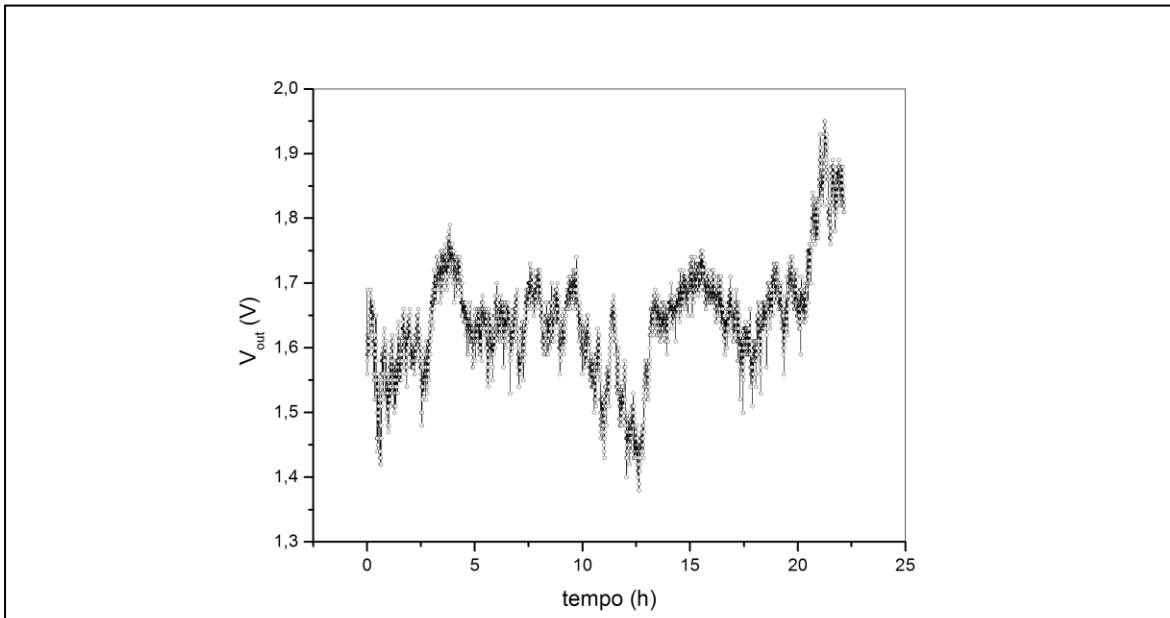


Figura 4.6(b) – O gráfico mostra o sinal gerado pelo sensor MQ-4 no digestor que simula um aterro sanitário. As medidas foram feitas por um período de 22 horas. Os valores mais acentuados correspondem ao período de incidência direta do Sol.

4.2 - Atividade B - modelagem e simulações

Uma etapa importante do método científico que segue a etapa de observação do fenômeno em estudo é a formulação de perguntas, isto é, a proposição de questões de que se quer saber sobre o fenômeno. Como decorrência natural da pergunta, formulamos hipóteses e utilizamos os conhecimentos científicos já estabelecidos para obter respostas, ou seja, formulamos modelos e produzimos respostas provisórias às questões propostas, isto é, teorizamos. Seria interessante introduzir atividades que permitam aos alunos teorizar sobre as consequências do aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera e o aumento da temperatura, com consequentes implicações sobre o clima global do planeta. Formulamos duas atividades, B1 e B2, que acreditamos possam completar a *Atividade A* de forma consistente com a articulação prática do método científico.

4.2.1 - Atividade B1

1. Descrição: Uma das atividades faz uso do programa WLinkIt, desenvolvido pelo Núcleo de Computação Eletrônica (NCE) da UFRJ. Todas as informações relacionadas a esse programa, bem como cópias do programa, podem ser obtidos diretamente na página,

<http://www.nce.ufrj.br/ginape/wlinkit/sobreowlinkit.htm>,

do projeto *Ferramentas de Modelagem Computacional para a Educação* do NCE/UFRJ. Faremos aqui apenas uma descrição sumária de suas funcionalidades e sugerimos ao leitor a leitura do material técnico disponibilizado no sitio acima para uma visão mais detalhada.

Na palavra dos autores, o WLinkIt é “um ambiente computacional para construção e simulação de modelos dinâmicos que utiliza uma matemática semiquantitativa para representar as relações entre seus elementos” (MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA WLINKIT).

Com o programa, podemos estabelecer variáveis e relações entre variáveis. Vejamos um exemplo prático relacionado com o nosso tema. Podemos criar um problema de quatro variáveis contínuas que podemos chamar “Luz”, “Absorção”, “Temperatura” e “nível de CH₄”:

Luz - intensidade de luz que incide sobre a Terra; uma variável fixa que podemos controlar;

Absorção - intensidade da absorção de luz que incide sobre a Terra; afeta diretamente a variável Temperatura;

Temperatura - temperatura média da Terra; é afetada diretamente pela Absorção de luz e afeta, por sua vez, diretamente, o nível de CH₄ (metano) na atmosfera;

Nível de CH₄ - concentração de metano na atmosfera; é afetado diretamente pela temperatura média do planeta e afeta, por sua vez, diretamente, a Absorção de luz.

A forma de programação no WLinkIt é totalmente gráfica e simples. Na Figura 4.7, vemos a janela de trabalho do WLinkIt com o exemplo descrito. O programa permite ver a evolução temporal do sistema de quatro variáveis assumindo que as taxas de variação são constantes no tempo. O programa calcula a situação de cada variável no tempo e apresenta o resultado em forma gráfica. Nesse exemplo, temos um sistema em retroalimentação positiva: a luz incidente é absorvida aumentando a temperatura, que por sua vez aumenta a concentração de metano, que por sua vez aumenta a absorção e que por sua vez aumenta a temperatura, fechando um ciclo. Essa situação lembra muito de perto o regulador centrífugo de Watt.

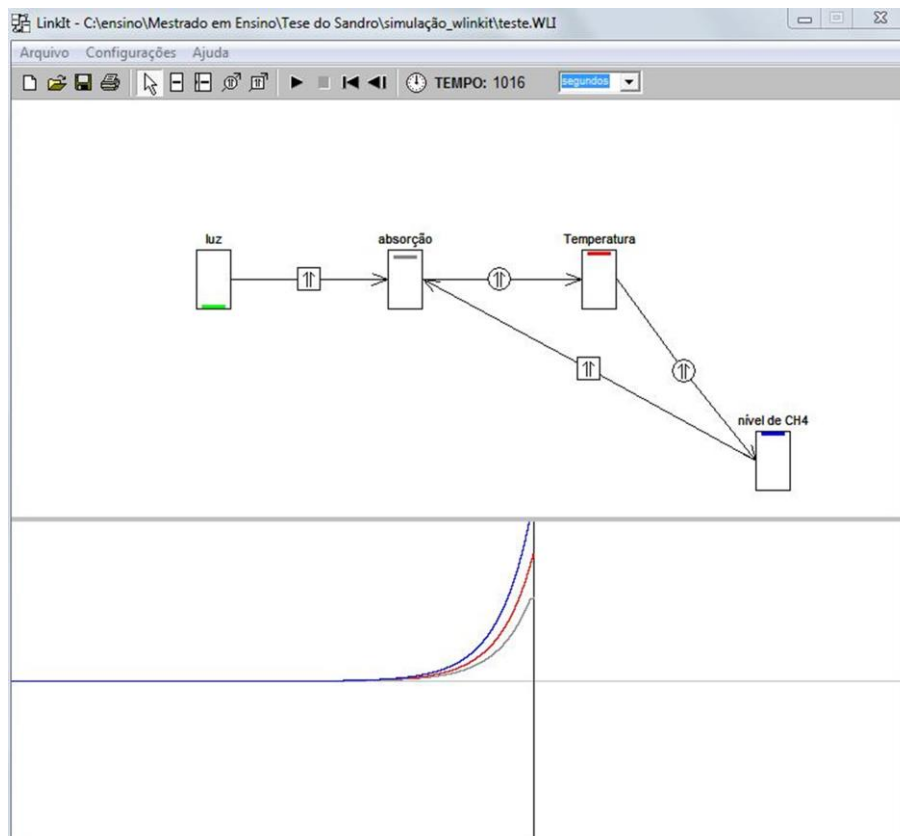


Figura 4.7 – Tela de trabalho do programa WLinkIt com o exemplo descrito no texto. A tela é dividida em duas partes. Na parte superior, temos o sistema de variáveis (retângulos) escolhidas e as setas indicando a relação entre as variáveis. Na parte inferior, vemos a evolução temporal das variáveis através da representação gráfica. No exemplo proposto, todas as variáveis “Temperatura”, “nível de CH4” e “absorção” crescem indefinidamente como esperado para um problema de *feedback* positivo. No gráfico, as variáveis são indicadas por cores.

Algumas tarefas podem ser propostas aos alunos que envolvem a simulação de situações importantes. O exemplo que comentamos acima é uma delas: O que podemos esperar de um sistema de retroalimentação positiva? Podemos estabelecer uma relação com o sistema climático?

No quadro de um sistema de retroalimentação positiva pura, a tendência é uma evolução progressiva de seu estado num único sentido. Diremos que o sistema tende a divergir. Na sequência dos trabalhos, os alunos são levados a estudar e simular uma situação que favoreça um estado de equilíbrio. A Terra recebe continuamente uma entrada de energia provinda do sol e nem por isso se aquece progressivamente. Parte da energia solar é refletida de volta para o espaço e a parte absorvida aquece a Terra e é parcialmente irradiada de volta

para o espaço. Como comentamos rapidamente no Capítulo III, o aumento da temperatura favorece a formação de nuvens aumentando assim o albedo planetário.

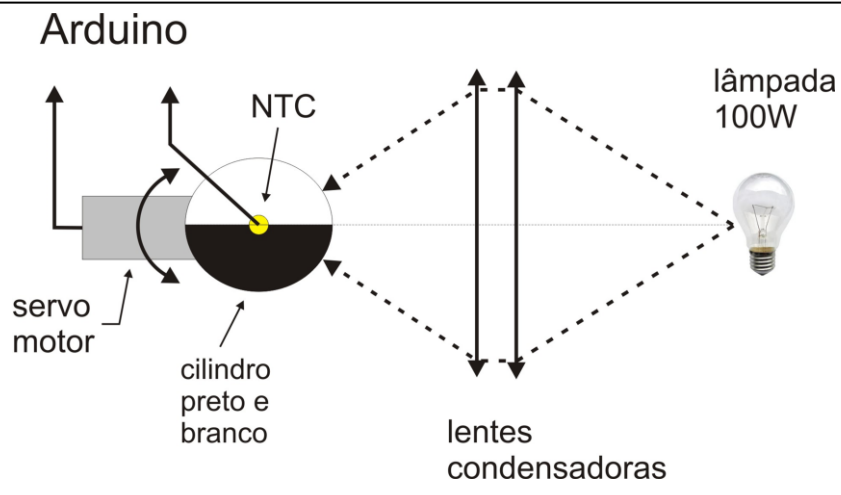
A Atividade B1 pode ser feita concomitantemente com a Atividade A, em casa, para os alunos que têm computador (situação que vem se tornando cada vez mais comum) e parcialmente na escola, no Laboratório de Informática. A participação do professor de Informática é perfeitamente possível e desejável.

2. Preparação para a Atividade B1 (pré-requisitos): naturalmente, o professor tem que se tornar proficiente no uso do programa, para então trabalhar com os seus alunos, treiná-los. Como o programa é relativamente simples, o material instrucional disponibilizado junto com o programa é suficiente. Foi assim em nosso caso. Junto com o programa vêm vários exemplos de aplicação que podem ser utilizados pelo professor junto aos alunos.

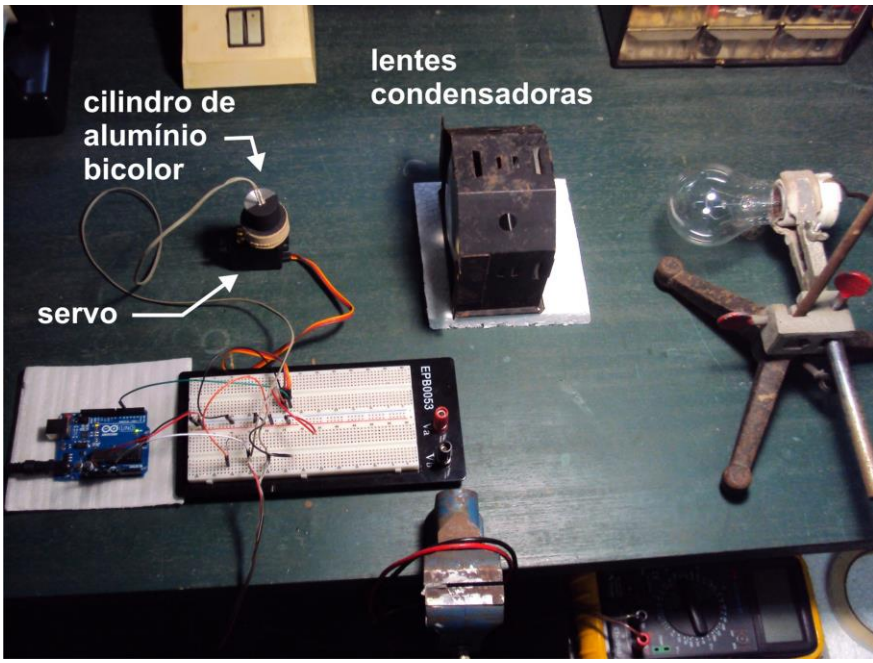
4.2.2 - Atividade B2

1. Descrição: Uma segunda atividade relacionada à prática de simulações e modelagem foi pensada para dar uma dimensão mais concreta, mais experimental, complementando os estudos realizados em computador. Trata-se aqui de um equipamento de bancada, simples, baseado na placa Arduino e em alguns sensores e atuadores.

Na Figura 4.8 (a), mostramos esquematicamente os componentes utilizados e (b) uma fotografia do protótipo. A luz produzida por uma lâmpada incandescente é concentrada com auxílio de lentes condensadoras sobre um cilindro de alumínio. Fixamos o cilindro sobre o eixo de um servomotor e fixamos numa cavidade no interior do cilindro uma resistência NTC (*Negative Temperature Coefficient*), resistência semicondutora muito sensível à temperatura. O cilindro pode girar em torno do seu eixo comandado pelo servomotor. A luz incidente aquece o cilindro e a temperatura alcançada é detectada pelo NTC.



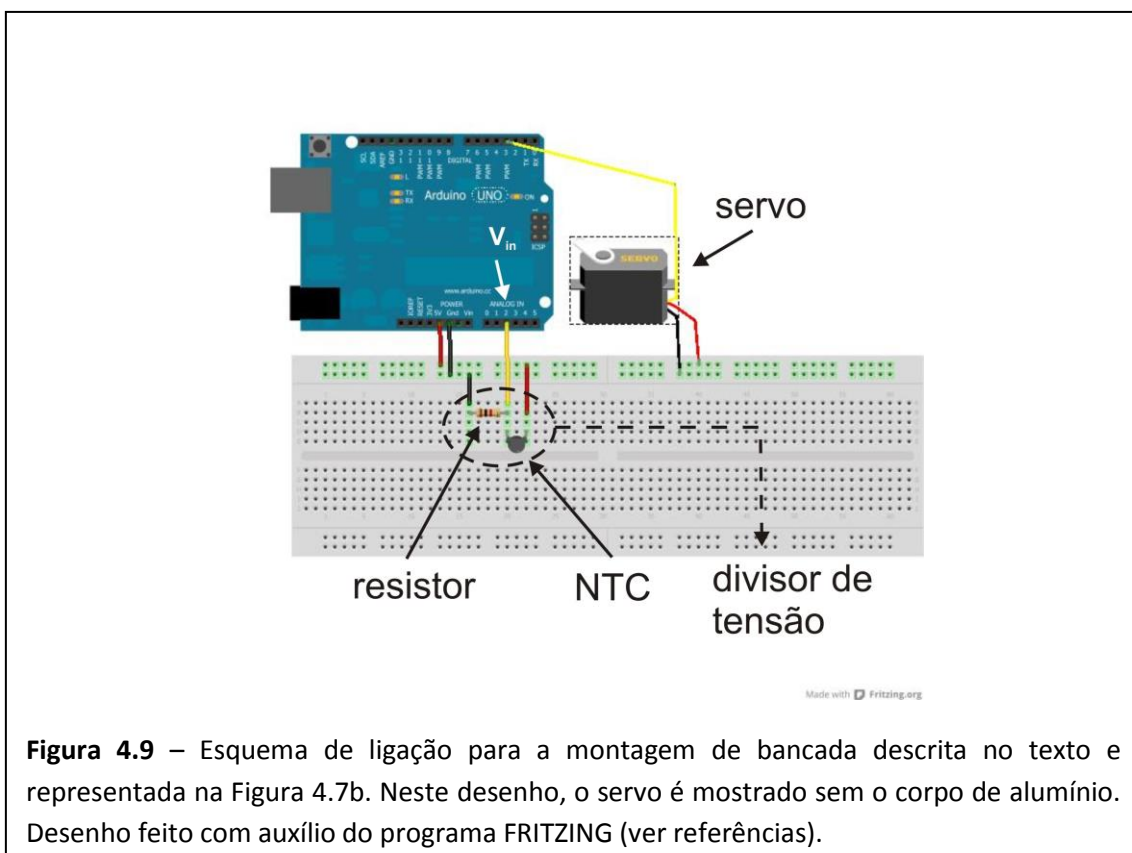
(a)



(b)

Figura 4.8 – A luz da lâmpada (100W), após colimada pelas lentes, atingem o cilindro conectado o servomotor controlado pela placa Arduino.

A resistência NTC é por sua vez utilizada para estabelecer o giro do servomotor através de um controle centrado na placa Arduino, como indicado na Figura 4.9. Através de um divisor de tensão, a variação da resistência NTC é transformada numa variação de tensão (V_{in}). Essa tensão V_{in} é lida numa porta analógica e convertida em sinal digital (porta 3, padrão PWM, no desenho). O sinal digital (10 bits) é usado para gerar o sinal de controle do servomotor, em outras palavras, a posição angular ($0^\circ - 180^\circ$) do servomotor é determinada diretamente por V_{in} , que por sua vez é determinada pela temperatura do cilindro.



Com essa montagem, várias aplicações que exploram a ideia de retroalimentação são possíveis. Como primeira aplicação, podemos pedir aos alunos que façam um programa que permita o giro do cilindro à medida que sua temperatura vá aumentando, sob a incidência da luz, a partir da temperatura ambiente. Esse simples programa, que está descrito no Anexo A,

estabelece um mecanismo de retroalimentação positivo: o deslocamento angular é tanto maior quanto maior a temperatura.

Usando-se um corpo de duas cores, a temperatura atingida depende da face exposta à luz. Usamos, para testes, um cilindro com metade de sua superfície pintada de preto-fosco e outra metade sem pintura, mantendo a superfície metálica original, muito refletora. A diferença de temperatura alcançada com cada uma das faces é bem marcante. Se partirmos da posição intermediária, como indicada na Figura 4.8(a), a temperatura do corpo irá aumentar ou diminuir dependendo do sentido do giro, expondo mais a face preta ou mais a face metálica, respectivamente. Podemos sugerir aos alunos criar um programa de controle para a Arduino que procure levar o cilindro para temperaturas cada vez mais baixas ou, ao contrário, cada vez mais altas. Não há maiores dificuldades se sabemos a posição das faces em relação à origem da coordenada angular do servomotor, mas podemos aumentar o nível de dificuldades se colocamos como condição que não sabemos a orientação das faces, isto é, se não vemos diretamente o cilindro e temos que nos decidir apenas a partir da medida da temperatura.

Vemos que essas tarefas, ou outras similares, vão propiciar um contato mais aprofundado com a plataforma Arduino, com os princípios de programação e com as características básicas dos sistemas de retroalimentação e métodos de tomada de decisão. Em muitos aspectos, o aluno estará vivenciando diretamente as intrincadas, e sofisticadas, soluções usadas pela Natureza, particularmente o sistema climático da Terra, para se equilibrar. Não seria esse um clima absolutamente desejável para a nossa escola?

2. Preparação para a Atividade B2 (pré-requisitos): naturalmente, também aqui, o professor tem de ser proficiente no uso da Arduino. Todo o material de bancada deve ser providenciado pelo professor, incluindo-se aí a placa Arduino Uno, sensores e atuadores, o sistema de lentes condensadoras e lâmpada (incandescente e com não menos de 100 W).

4.3 – Conclusão

A proposta de trabalho escolhido para aplicar a pesquisa científica na escola de nível médio é bastante eficiente dentro de uma abordagem interdisciplinar. Primeiramente pela facilidade de poder aglutinar várias disciplinas de áreas afins ou não afins, e com possibilidades de combinações variadas. O nosso trabalho contemplaria facilmente a Física, a Biologia, a Química, a Geografia, a História, a Matemática, a Informática, a Língua Portuguesa e até a Robótica e a Eletrônica, caso a escola tenha uma proposta de trabalho nessa área, podendo-se escolher entre duas ou mais dessas disciplinas. O trabalho apresenta um custo relativamente baixo e uma flexibilidade em relação ao tempo de aplicação. Acreditamos que ele deva ser aplicado fora do horário convencional de aulas de modo a não comprometer a ementa das disciplinas envolvidas e, estando o aluno fora do ambiente convencional de aulas, este possa participar mais efetivamente das etapas de uma pesquisa científica.

A utilização do sensor MQ4 para a medição do CH₄, nas duas situações apresentadas, se mostrou bastante eficaz. Seus níveis foram medidos indiretamente em função de uma diferença de potencial (ddp) no sensor. Existe a possibilidade de converter essa ddp em uma medida direta do gás em partes por bilhão (ppb), mas por razões práticas deixamos essa tarefa para um trabalho posterior. É possível explorar outras variáveis como o nível de emissão do CH₄ em função da profundidade. Tubos coletores podem ser colocados em profundidades diferentes do solo. Outra possibilidade é fazer uma coleta de material, tanto da terra nas duas amostras como do chorume produzido na simulação do aterro sanitário, e enviá-la a um laboratório para análise. Isso daria uma boa pesquisa em Biologia e Química.

Para as propostas de atividades sugeridas, é necessário que o professor tenha um domínio da plataforma Arduino, de eletrônica básica e do software WLinkIt. Isso pode ser feito, sem grandes dificuldades, em uma etapa anterior, inclusive junto com os alunos.

Os programas referentes às montagens apresentadas (sketch's) e o exemplo utilizado no WLinkIt se apresentam como produtos da dissertação no Anexo B e disponíveis também em CD.

Vale ressaltar que todo esse trabalho exige uma adesão não só da equipe pedagógica da escola, mas também do grupo de professores das disciplinas relacionadas no sentido de possibilitar a aplicação dessa proposta de maneira ampla visando a um resultado favorável a todos. Aprender através da prática propicia um maior contato com a dinâmica da disciplina. A metodologia científica poderia estar presente no ambiente escolar desde as séries iniciais, tornando-se um hábito entre os alunos. Percebemos na estrutura escolar uma supervalorização do conteúdo programático ministrado através da teoria. Reconhecemos sua importância, mas chama-nos a atenção o fato de, muitas vezes, a motivação de um estudante envolver-se mais num assunto e interessar-se em um maior aprofundamento vem da execução efetiva de um projeto escolar. Isso não é exclusividade das áreas exatas, essa identificação pela experimentação se dá em qualquer área do conhecimento. Portanto, o ambiente em que se trabalha por causas comuns como o desenvolvimento das habilidades e competências dos alunos torna-se muito mais profícuo para a realização de iniciativas bem-sucedidas como esta que propomos neste trabalho.

Referências:

BAGNO, Marcos. 1998. Pesquisa na Escola. O que é. Como se faz. 2ª edição. São Paulo: Loyola, 1999.

BAIRD, Colin e CANN, Michael; Química Ambiental; Tradução: Marco Tadeu Grassi...[et al.]; revisão técnica: Marco Tadeu Grassi. 4ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, Senado, 1988.

BRASIL. O Programa Nacional de Apoio às Feiras de Ciências da Educação Básica – FENACEB. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

BRASIL. Lei da Educação Ambiental, Lei 9.795, de 27 de abril de 1999.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei 9394, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. Orientações Curriculares para o Ensino Médio (Ciências da Matemática e da Natureza). Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Brasília, DF: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL. PCN+ Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos PCN. Brasília, DF: Ministério da Educação, SEMTEC, 2002.

CAREY, Jonh. Aquecimento Global, mais rápido que o esperado? Scientific American Brasil, São Paulo, Ano 11, nº. 127, p. 47 – 51, dez. 2012.

DEMO, Pedro. *Educar pela Pesquisa*. 5ª edição. Campinas: Autores Associados, 2002. (Coleção Educação Contemporânea).

FRIGOTTO, G. A interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais. In: BIANCHETTI. L., JANTISCH. A. Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito. Petrópolis: Vozes. 1995. p. 20-62.

FRITZING, Disponível em: www.fritzing.org.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). Climate Change 2007: The 4th assessment report to the intergovernmental panel on climate change, available at <http://www.ipcc.ch>

JAPIASSU, H. A atitude interdisciplinar no sistema de ensino. Revista Tempo Brasileiro. Rio de Janeiro: nº 108, p. 83-94, jan.-mar. 1992.

LANDULFO, Eduardo. Meio ambiente e Física. São Paulo: Senac, 2005.

LENZI, Ervim; FAVERO, Luzia Otilia Bortotti. Química Atmosférica. Ciência, vida e sobrevivência. Reimpressão. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

LIMA, Lauro de Oliveira. Estórias da educação no Brasil: de Pombal a Passarinho. 3^a edição. Rio de Janeiro: Brasília, 1969.

MARTINS, Jorge Santos. O trabalho com projeto de pesquisa: do ensino fundamental ao médio. Campinas: Papirus, 2001.

MC ROBERTS, Michael, Arduino Básico; Tradução: Rafael Zanolli. São Paulo: Novatec, 2011.

MORIN, Edgar. A cabeça bem-feita. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

NININ, Maria Otilia Guimarães. Pesquisa na escola: que espaço é esse? O do conteúdo ou o do pensamento crítico?, Educação em Revista, Nº.48, p. 17 – 35. Belo Horizonte: dezembro de 2008.

NUNES, Claudia Pereira e SAMPAIO, Fábio Ferrentini, MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA WLINKIT (Versão – Outubro/99 - Preliminar) – Disponível em <http://www.nce.ufrj.br/ginape/wlinkit/sobreowlinkit.htm>

ROCHA, Julio Cesar, ROSA, André Henrique, CARDOSO, Arnaldo Alves; Introdução à química ambiental. 2^a edição. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SCHUUR, Edward A. G., BOCKHEIM, James, CANADELL, Josep G., EUSKIRCHEN, Eugenie, FIELD, Christopher B. , GORYACHKIN, Sergey V., HAGEMANN, Stefan, KUHRY, Peter, LAFLEUR, Peter M., LEE, Hanna,

MAZHITOVA, Galina, NELSON, Frederick E., RINKE, Annette, ROMANOVSKY Vladimir E., SHIKLOMANOV, Nikolay, TARNOCAI, Charles, VENEVSKY, Sergey, VOGEL, Jason G. and ZIMOV, Sergei A., **Vulnerability of Permafrost Carbon to Climate Change: Implications for the Global Carbon Cycle**, *BioScience*, vol.58, Nº. 8, pp 701 – 714 (2008).

Referências das figuras:

3.1 - http://www.kalipedia.com/tecnologia/tema/robotica/graficos-regulador-centrifugowatt.html?x1=20070821klpinginf_30.Ges&x=20070821klpinginf_81.Kes (25/01/2013 – 20:30)

3.2 - <http://www.brasilecola.com/quimica/conferencia-rio20-emissao-gases-estufa.htm> (08/01/2013 - 16:00)

3.3 - <http://www.coopermiti.com.br/educacao/GasMetano.pdf> (08/01/2013 - 17:00)

3.4 - <http://www.ipcc.ch> (09/01/2013 – 15:00)

3.5 - <http://www.geopalavras.com/2009/12/o-degelo-do-permafrost.html> (12/01/2013 – 10:45)

3.6 - http://www.sciencepoles.org/multimedia/picture_gallery_detail/ (13/01/2013 – 13:00)

3.7 - <http://babiprotegendoamazonia.blogspot.com.br/2010/03/permafrost-mais-uma-problematica-do.html> (13/01/2013 – 17:30)

Anexo A – Folha de dados (datasheet) MQ-4

Henan Hanwei Electronics Co., Ltd

www.hwsensor.com

MQ-4 Semiconductor Sensor for Natural Gas

Sensitive material of MQ-4 gas sensor is SnO₂, which with lower conductivity in clean air. When the target combustible gas exist, The sensor's conductivity is more higher along with the gas concentration rising. Please use simple electrocircuit, Convert change of conductivity to correspond output signal of gas concentration.

MQ-4 gas sensor has high sensitivity to Methane, also to Propane and Butane. The sensor could be used to detect different combustible gas, especially Methane, it is with low cost and suitable for different application.

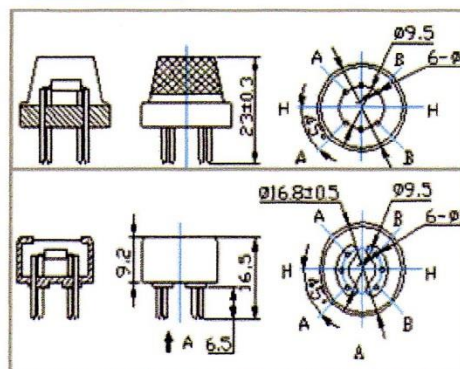
Character

- * Good sensitivity to Combustible gas in wide range
- * High sensitivity to Natural gas
- * Long life and low cost
- * Simple drive circuit

Application

- * Domestic gas leakage detector
- * Industrial Combustible gas detector
- * Portable gas detector

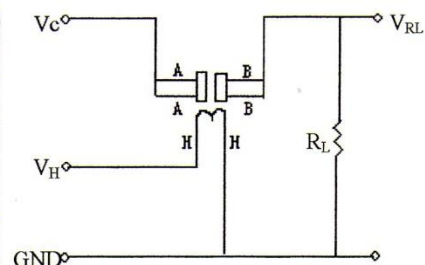
Configuration



Technical Data

Model No.		MQ-4	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Bakelite (Black Bakelite)	
Detection Gas		Natural gas/ Methane	
Concentration		300-10000ppm (Natural gas / Methane)	
Circuit	Loop Voltage	V _c	≤24V DC
	Heater Voltage	V _H	5.0V±0.2V AC or DC
	Load Resistance	R _L	Adjustable
Character	Heater Resistance	R _H	31Ω±3Ω (Room Tem.)
	Heater consumption	P _H	≤900mW
	Sensing Resistance	R _s	2KΩ-20KΩ (in 5000ppm CH ₄)
	Sensitivity	S	R _s (in air)/R _s (5000ppm CH ₄)≥5
	Slope	α	≤0.6(R _{5000ppm} /R _{3000ppm} CH ₄)
Condition	Tem. Humidity	20°C±2°C; 65%±5%RH	
	Standard test circuit	V _c : 5.0V±0.1V; V _H : 5.0V±0.1V	
	Preheat time	Over 48 hours	

Basic test loop



The above is basic test circuit of the sensor. The sensor need to be put 2 voltage, heater voltage (V_H) and test voltage (V_C). V_H used to supply certified working temperature to the sensor, while V_C used to detect voltage (V_{RL}) on load resistance (R_L) whom is in series with sensor. The sensor has light polarity, V_c need DC power. V_C and V_H could use same power circuit with precondition to assure performance of sensor. In order to make the sensor with better performance, suitable R_L value is needed: Power of Sensitivity body (P_s):

Tel: 86-371-67169070/80

Fax: 86-371-67169090

Email: sales@hwsensor.com

$$P_s = V_c^2 \times R_s / (R_s + R_L)^2$$

Resistance of sensor (R_s): $R_s = (V_c / V_{RL} - 1) \times R_L$

Sensitivity Characteristics

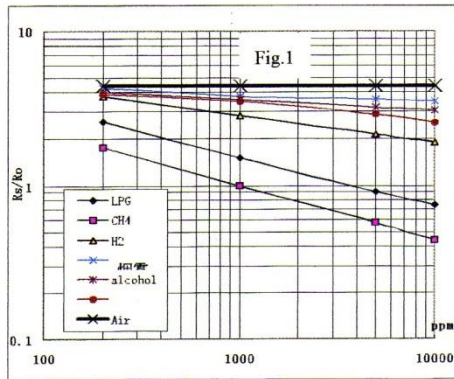


Fig.1 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-4, ordinate means resistance ratio of the sensor (R_s/R_o), abscissa is concentration of gases. R_s means resistance in different gases, R_o means resistance of sensor in 1000ppm Methane. All test are under standard test conditions.

P.S.: Sensitivity to smoke is ignite 10pcs cigarettes in $8m^3$ room, and the output equals to 200ppm Methane

Influence of Temperature/Humidity

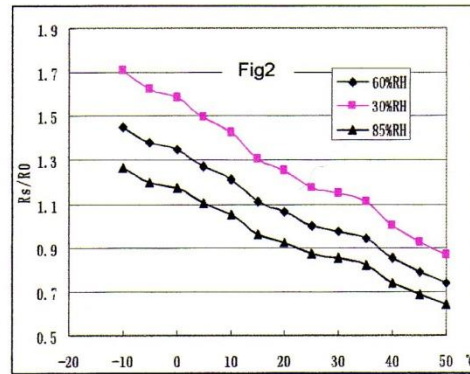
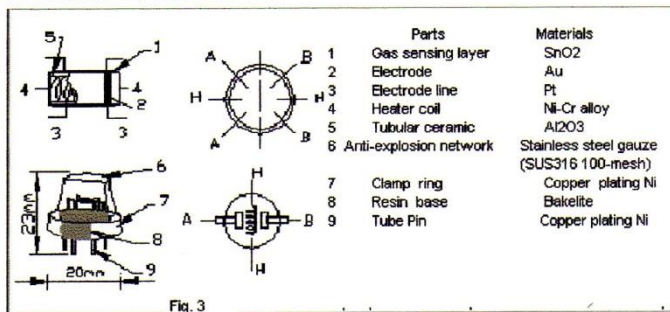


Fig.2 shows the typical temperature and humidity characteristics. Ordinate means resistance ratio of the sensor (R_s/R_o), R_s means resistance of sensor in 1000ppm Methane under different tem. and humidity. R_o means resistance of the sensor in environment of 1000ppm Methane, $20^{\circ}C/65\%RH$

Structure and configuration



Structure and configuration of MQ-4 gas sensor is shown as Fig. 3, sensor composed by micro Al₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-4 have 6 pin, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Notification**1 Following conditions must be prohibited****1.1 Exposed to organic silicon steam**

Organic silicon steam cause sensors invalid, sensors must be avoid exposing to silicon bond, fixture, silicon latex, putty or plastic contain silicon environment

1.2 High Corrosive gas

If the sensors exposed to high concentration corrosive gas (such as H_2S , SO_x , Cl_2 , HCl etc), it will not only result in corrosion of sensors structure, also it cause sincere sensitivity attenuation.

1.3 Alkali, Alkali metals salt, halogen pollution

The sensors performance will be changed badly if sensors be sprayed polluted by alkali metals salt especially brine, or be exposed to halogen such as fluorin.

1.4 Touch water

Sensitivity of the sensors will be reduced when splattered or dipped in water.

1.5 Freezing

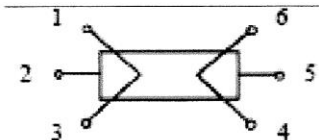
Do avoid icing on sensor's surface, otherwise sensor would lose sensitivity.

1.6 Applied voltage higher

Applied voltage on sensor should not be higher than stipulated value, otherwise it cause down-line or heater damaged, and bring on sensors' sensitivity characteristic changed badly.

1.7 Voltage on wrong pins

For 6 pins sensor, if apply voltage on 1、3 pins or 4、6 pins, it will make lead broken, and without signal when apply on 2、4 pins

**2 Following conditions must be avoided****2.1 Water Condensation**

Indoor conditions, slight water condensation will effect sensors performance lightly. However, if water condensation on sensors surface and keep a certain period, sensor' sensitivity will be decreased.

2.2 Used in high gas concentration

No matter the sensor is electrified or not, if long time placed in high gas concentration, if will affect sensors characteristic.

2.3 Long time storage

The sensors resistance produce reversible drift if it's stored for long time without electrify, this drift is related with storage conditions. Sensors should be stored in airproof without silicon gel bag with clean air. For the sensors with long time storage but no electrify, they need long aging time for stbilty before using.

2.4 Long time exposed to adverse environment

No matter the sensors electrified or not, if exposed to adverse environment for long time, such as high humidity, high temperature, or high pollution etc, it will effect the sensors performance badly.

2.5 Vibration

Continual vibration will result in sensors down-lead response then repture. In transportation or assembling line, pneumatic screwdriver/ultrasonic welding machine can lead this vibration.

2.6 Concussion

If sensors meet strong concussion, it may lead its lead wire disconnected.

2.7 Usage

For sensor, handmade welding is optimal way. If use wave crest welding should meet the following conditions:

2.7.1 Soldering flux: Rosin soldering flux contains least chlorine

2.7.2 Speed: 1-2 Meter/ Minute

2.7.3 Warm-up temperature: $100 \pm 20^\circ C$

2.7.4 Welding temperature: $250 \pm 10^\circ C$

2.7.5 1 time pass wave crest welding machine

If disobey the above using terms, sensors sensitivity will be reduced.

Anexo B – Listagem dos programas de controle (*sketch*) para a placa Arduino utilizados no presente trabalho.

I - Programa de medida de concentração de CH₄ com saída de dados em cartão de memória.

No CD que acompanha a tese fornecemos os arquivos prontos para uso na Arduino Uno. A maior parte do programa é usada para escrever as medidas dos sensores no cartão de memória. A parte do programa que instrui a gravação no cartão de memória bem como as bibliotecas (sub-rotina) auxiliares **SD.h** e **RTClib.h** foram desenvolvidas pela fabricante da placa (*shield*), a Adafruit, e são disponibilizadas gratuitamente a partir do seu sítio (www.adafruit.com). A biblioteca **RTClib.h** controla o circuito integrado DS1307 (*real time clock*) que compõe o *shield* e é usado na atualização de data e hora nos registros gravados no cartão de memória. Algumas observações originais em inglês foram mantidas na listagem. É importante lembrar que a Adafruit fornece também vários textos explicativos sobre o *shield* e que são muito úteis e didáticos. A biblioteca **wire.h** é distribuída com a Arduino e usada para a comunicação com dispositivos I²C.

O *shield* nas versões que utilizamos é fornecido desmontado. Será necessário soldar todos os componentes na placa de circuito impresso. Nesse caso, será necessário ter a mão um ferro de solda (30 W) e solda. Não é necessário muita experiência de soldagem, mas se você se sentir inseguro procure a ajuda de um técnico. Como o *shield datalogger* para a Arduino tem tido muita procura a Adfruit deve lançar uma nova versão atualizada, e com novas funcionalidades e pronta para uso.

```
// Tese de Sandro Monteiro da Costa - versão 2.0.0
// Um datalogger para Arduino e um sensor de metano

#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"

// intervalo de tempo (milisegundos) entre leituras
// use 10*LOG_INTERVAL para gravar um dado a cada 10 leituras

#define LOG_INTERVAL 20000 //define o intervalo entre o registro
                          //de duas medidas, neste caso 20000 ms, ou 20s.
                          //Altere esse número segundo suas necessidades.

#define SYNC_INTERVAL 1000 // milisegundos entre a chamada para
                          //limpar e para gravar dados no cartão.
```



```

uint32_t syncTime = 0; // time of last sync()

#define ECHO_TO_SERIAL 1 // echo data to serial port
#define WAIT_TO_START 0 // Wait for serial input in setup()

// pinos digitais conectados aos LEDs
#define redLEDpin 2
#define greenLEDpin 3

// pinos analogicos conectados aos sensores
#define metanPin 0 // analog 0

#define aref_voltage 5.0 // we tie 5.0V to ARef and
//measure it with a multimeter!

RTC_DS1307 RTC; // define the Real Time Clock object

//for the data logging shield, we use digital pin 10 for the SD
//cs line.

const int chipSelect = 10;

// the logging file
File logfile;

void error(char *str)
{
  Serial.print("error: ");
  Serial.println(str);

  // red LED indicates error
  digitalWrite(redLEDpin, HIGH);

  while(1);
}

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println();

  // use debugging LEDs
  pinMode(redLEDpin, OUTPUT);
  pinMode(greenLEDpin, OUTPUT);

  #if WAIT_TO_START
  Serial.println("Type any character to start");
  while (!Serial.available());
  #endif //WAIT_TO_START

  // Inicializa o cartão SD
  Serial.print("Initializing SD card...");
  // make sure that the default chip select pin is set to
  // output, even if you don't use it

```

```

pinMode(10, OUTPUT);

// VERIFICA SE O CARTÃO ESTÁ PRESENTE E PODE SER INICIALIZADO:
if (!SD.begin(chipSelect)) {
    error("Card failed, or not present");
}
Serial.println("card initialized.");

// Cria um novo arquivo denominado LOGGER00.CSV. A terminação
//CSV (Comma-separated values) é reconhecido pelo EXCEL e
//facilmente transportado para ele.

char filename[] = "LOGGER00.CSV";
for (uint8_t i = 0; i < 100; i++) {
    filename[6] = i/10 + '0';
    filename[7] = i%10 + '0';
    if (!SD.exists(filename)) {
        // only open a new file if it doesn't exist
        logfile = SD.open(filename, FILE_WRITE);
        break; // leave the loop!
    }
}

if (!logfile) {
    error("couldnt create file");
}

Serial.print("Logging to: ");
Serial.println(filename);

// connect to RTC
Wire.begin();
if (!RTC.begin()) {
    logfile.println("RTC failed");
#ifdef ECHO_TO_SERIAL
    Serial.println("RTC failed");
#endif //ECHO_TO_SERIAL
}

logfile.println("    data_tempo,          conCH4"); //títulos
//das colunas. A primeira coluna informa data e horário
//(data_tempo) e a segunda (conCH4)a DDP no sensor MQ-4.

#ifdef ECHO_TO_SERIAL
    Serial.println("    data_tempo,          conCH4");
#endif //ECHO_TO_SERIAL
}

void loop(void)
{
    DateTime now;

    // delay for the amount of time we want between readings
    delay((LOG_INTERVAL -1) - (millis() % LOG_INTERVAL));
}

```

```

digitalWrite(greenLEDPin, HIGH);

// log milliseconds since starting
uint32_t m = millis();
//logfile.print(m);           // milliseconds since start
//logfile.print(", ");
#if ECHO_TO_SERIAL
// Serial.print(m);           // milliseconds since start
// Serial.print(", ");
#endif

// fetch the time
now = RTC.now();
// log time
//logfile.print(now.unixtime()); // seconds since 1/1/1970
//logfile.print(", ");
logfile.print(' ');
logfile.print(now.year(), DEC);
logfile.print("/");
logfile.print(now.month(), DEC);
logfile.print("/");
logfile.print(now.day(), DEC);
logfile.print(" ");
logfile.print(now.hour(), DEC);
logfile.print(":");
logfile.print(now.minute(), DEC);
logfile.print(":");
logfile.print(now.second(), DEC);
logfile.print(' ');

#if ECHO_TO_SERIAL
//Serial.print(now.unixtime()); // seconds since 1/1/1970
//Serial.print(", ");
Serial.print(' ');
Serial.print(now.year(), DEC);
Serial.print("/");
Serial.print(now.month(), DEC);
Serial.print("/");
Serial.print(now.day(), DEC);
Serial.print(" ");
Serial.print(now.hour(), DEC);
Serial.print(":");
Serial.print(now.minute(), DEC);
Serial.print(":");
Serial.print(now.second(), DEC);
Serial.print(' ');
#endif //ECHO_TO_SERIAL

int metaReading = analogRead(metanPin);

// Convertendo a leitura digital para analógica.

```

```

float conCHiv = metaReading * aref_voltage / 1024;

logfile.print(", ");
logfile.println(conCHiv);

#if ECHO_TO_SERIAL
Serial.print(", ");
Serial.println(conCHiv);
#endif //ECHO_TO_SERIAL

digitalWrite(greenLEDPin, LOW);

// Now we write data to disk! Don't sync too often - requires
//2048 bytes of I/O to SD card which uses a bunch of power and
//takes time.

if ((millis() - syncTime) < SYNC_INTERVAL) return;
syncTime = millis();

// blink LED to show we are syncing data to the card &
//updating FAT!

digitalWrite(redLEDPin, HIGH);
logfile.flush();
digitalWrite(redLEDPin, LOW);

}

```

O arquivo de dados gravado (ASCII) no cartão de memória e denominado LOGGERxx.csv. XX são dígitos que vão se incrementando a partir de 00 (01, 02 ...). Você pode usar o nome que quiser alterando na linha correspondente. Você pode inspecioná-lo com o bloco de notas (notepad). Abaixo vemos um exemplo:

```

Data_tempo,          conCH4
"2013/1/6 11:59:21", 0.96
"2013/1/6 11:59:41", 0.96
"2013/1/6 12:0:1",   0.98
"2013/1/6 12:0:21", 0.97
"2013/1/6 12:0:41", 1.00
"2013/1/6 12:1:1",   0.99
"2013/1/6 12:1:21", 0.99
"2013/1/6 12:1:41", 1.01
"2013/1/6 12:2:1",   1.00
"2013/1/6 12:2:21", 1.01
"2013/1/6 12:2:41", 1.01
"2013/1/6 12:3:1",   1.02

```

II – Programa (sketch) de controle de servomotor pela temperatura medida por uma resistência NTC.

Neste caso, o programa é muito simples por que os objetivos fixados são diretos: queremos mostrar como um servomotor pode ser posicionado em função da temperatura de um corpo de prova. Na aplicação que fizemos o corpo de prova gira solidário ao eixo do servomotor.

```
// Tese de Sandro Monteiro da Costa - versão 2.0
// Simulação de mecanismo de feedback.

#include <Servo.h>
int angulo = 0;
Servo servo1; // cria objeto servo

void setup() {
  servo1.attach(5); // anexa o servo (físico) no pino 5 ao
                  //objeto servo1 (lógico).
}

void loop() {
  int angle = analogRead(0); //lê o valor da DDP no resistor NTC

  if (angle > angulo) {
    angulo = angle;
    angle = map(angle, 0, 1023, 0, 180); //mapeia os valores
                                        // de 0 a 180 graus.

    servo1.write(angle); //escreve o ângulo para o servo.
  }

  delay(1000); //espera 1000 ms para permitir que o servo
              // atinja a posição
}
```

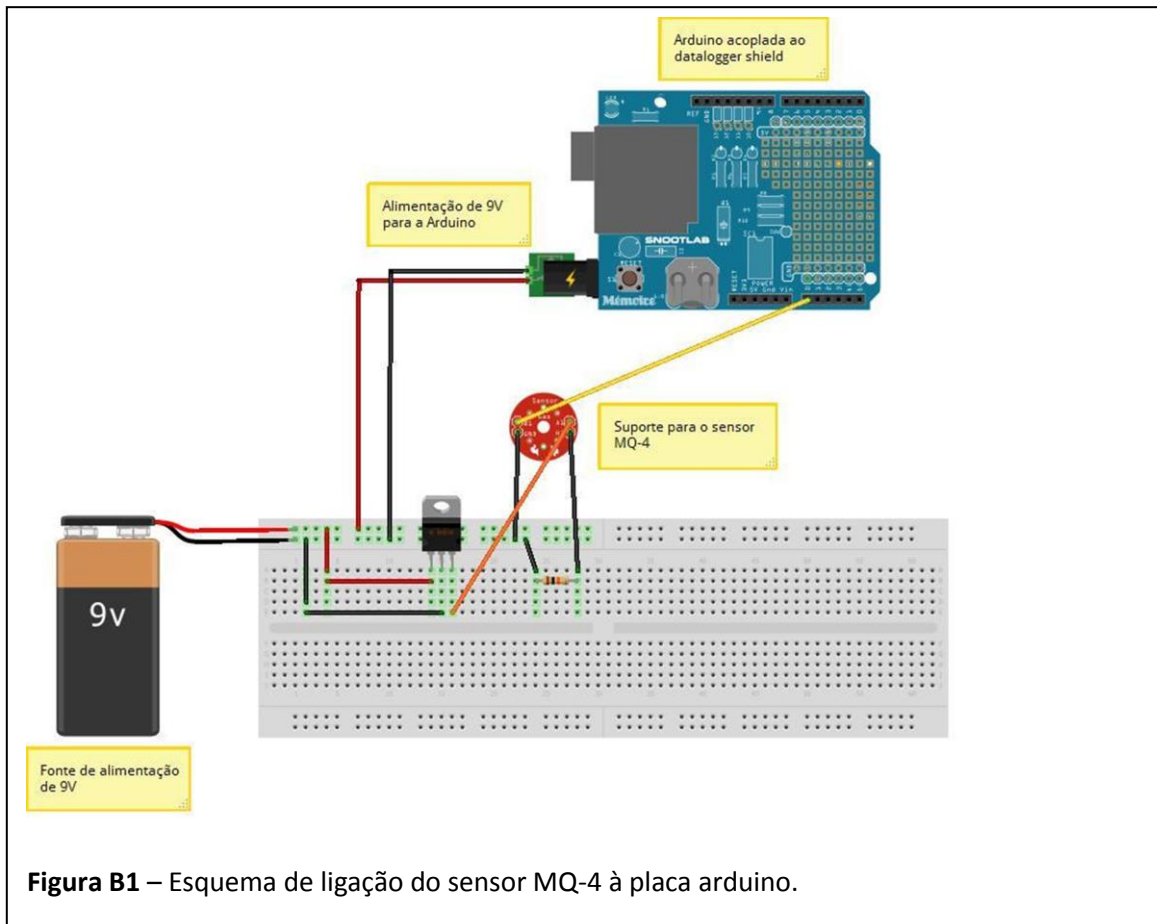
Na instrução *map* indicada acima (iluminada em cinza) é estabelecida uma relação linear entre a DDP observada (variável *angle*) no sensor MQ-4, que tem como limites os valores [0,1023] (equivalente ao tensões [0 V, 5 V]), e os ângulos no intervalo [0°, 180°], para os servos de meia volta. Se as variações efetivas de DDP no sensor forem menores (isso depende da temperatura ambiente e da temperatura máxima atingida) é possível estreitar estes extremos de forma a conseguir uma variação angular plena (180°) dentro da faixa de temperaturas atingidas. Exemplo: se as temperaturas atingidas numa experiência dada forem (em termos de volt) 1,8 V e 3,3 V podemos fazer:

$$1,8 / 5 \times 1023 \approx 368 \text{ e } 3,3 / 5 \times 1023 = 675$$

e escrever a instrução como:

```
angle = map(angle, 368, 675, 0, 180);
```

e com isso teremos um variação de 180° do eixo do servo na faixa de temperaturas efetivamente alcançadas.



Anexo C – Informações sobre a composição da terra vegetal usada nos ensaios com o digestor.

VIGOROSO CONDICIONADOR DO SOLO PARA PREPARO DO PLANTIO.
PRODUTO NÃO TÓXICO, INODORO E COM BOA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE UMIDADE.
MATÉRIAS PRIMAS: TURFA PROCESSADA, HÚMUS DE MINHOCA E MATÉRIA ORGÂNICA (OSSOS E RESÍDUOS VEGETAIS) DECOMPOSTA.



SUBSTRATO

TERESÓPOLIS

INSTRUÇÕES:
PRODUTO PRONTO PARA USO. PARA O PLANTIO DE FRUTÍFERAS E ARBUSTOS DECORATIVOS
INCORPORAR CERCA DE 5kg DE SUBSTRATO POR COVA (60x60x60cm).
NO CULTIVO DE HORTALIÇAS, ERVAS AROMÁTICAS E MANUTENÇÃO DE JARDINS E GRAMADOS DISTRIBUIR 2kg POR m².
Obs: A MANUTENÇÃO DE CULTURAS PERENE DEVE SER FEITA APLICANDO-SE POR COBERTURA, 2 OU 3 VEZES POR ANO, O " HÚMUS TERESÓPOLIS" EM QUANTIDADE COMPATÍVEL COM AS INSTRUÇÕES ACIMA.

SÍTIO HIANABARÔ
Est. Isaias Vidal, s/n - Canoas - Teresópolis
Himário Trinas - Produtor Rural
CNPJ: 019953247-87 - INSC. EST. 75498713
VALIDADE: INDETERMINADA

PESO Base
5 kg



7 898911 198175