

Organizadores:

Anelise Vicentini Kuss

Vivian Vicentini Kuss



AR, ÁGUA, SOLO E ENERGIA

*TEMAS PARA DISCUSSÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM
PROPOSTAS DE ATIVIDADES*

Pelotas, 2015.



Editora Santa Cruz

Rua Félix da Cunha, 412

Campus I UCPel Pelotas, RS - CEP 96010-000

Fone: (53) 3222 5760

E-mail: copiassantacruz@gmail.com

Edição eletrônica: 2015

É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, sem autorização expressa dos autores.

Editora Eletrônica: Cópias Santa Cruz (Fernanda R. Ribeiro)

Editoração: Fernanda Ribeiro

Capa: Eloisa Elena Monteiro

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Antonio Heberlè

Prof. Dr. Jovino Pizzi - UFPel

Prof. Dr. Géri Eduardo Meneghello

Dr^a Juliana Klug Nunes

Prof. Dr. Jander Moncks

Prof. Marcelo Moura - UCPel

Prof. Dr. João Jandir Zanotelli

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias – UFPel

A658 Ar, água, solo e energia: temas para discussão em educação ambiental com propostas de atividades. / Organizado por Anelise Vicentini Kuss e Vivian Vicentini Kuss. – Pelotas: Editora Cópias Santa Cruz Ltda, 2014.

139 p.

ISBN: 978-85-61629-74-8

1. Educação ambiental. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Recursos naturais. 4. Geração de energia. I. Kuss, Anelise Vicentini; org. II. Kuss, Vivian Vicentini; org.

CDD 372.357

“Ar, água, solo e energia: temas para discussão em educação ambiental” é um livro destinado a professores envolvidos em projetos de educação ambiental nas escolas, e também àqueles que desejam iniciar-se na área. Nasceu da necessidade de compilar material de apoio aos alunos da **Especialização em Educação Ambiental com ênfase em espaços educadores sustentáveis**, curso organizado por parceria entre a Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e a Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão (SECADI), ligada ao Ministério da Educação (MEC). Aborda alguns dos temas geradores para discussões em educação ambiental, fundamentando-os teoricamente e relacionando-os com as alterações climáticas globais. Conta com a participação de profissionais de áreas diversas, considerando que a educação ambiental é construída pela participação de diferentes segmentos da sociedade, expressos nas várias formações e profissões em que atuam.

Existente desde 1999, a Lei 9.795 dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental no Brasil. No entanto, a Educação Ambiental ainda não se estabeleceu como prática diária e transdisciplinar na maioria das escolas, carecendo de projetos que a tornem uma vivência de educação para a cidadania e favoreçam a tomada de decisões daqueles futuros profissionais que estão sendo formados nas nossas escolas. Gadotti (2000) considera a educação ambiental um processo, que se inicia com informações ao desenvolvimento do senso crítico e raciocínio lógico e insere o homem no seu real papel como integrante e dependente do meio ambiente. Tal processo visa modificações de valores tanto nas questões ambientais, como sociais, culturais, econômicas, políticas e éticas, devendo estimular a solidariedade, igualdade e respeito aos direitos humanos.

Neste volume, são abordados os assuntos: Ar (características

atmosféricas, poluentes e aumento das emissões, qualidade do ar interno e externo), Água (características de qualidade, poluição de mananciais, disponibilidade de água regional e no Planeta), Solo (características, manutenção de qualidade, preservação, vida no solo e desenvolvimento vegetal) e Energia (necessidade, disponibilidade, fontes não renováveis, alternativas e renováveis, e seus efeitos sobre o ambiente). Todos os capítulos apresentam reportagens recentes relacionando os assuntos ao aquecimento global e educação ambiental, incluindo a relação da bibliografia consultada e sugestões de atividades que podem ser desenvolvidas com os alunos a fim de alavancar as discussões em torno do assunto nas realidades em que se inserem as escolas.

Que este livro auxilie professores e alunos no desenvolvimento de uma consciência de responsabilidade ambiental e seja, apenas, o ponto de partida para uma nova postura como cidadão e habitante da Terra, atuando para a preservação de nossos recursos naturais e como atores de um desenvolvimento sustentável e igualitário.

Anelise Vicentini Kuss

Professora do Departamento de Microbiologia e
Parasitologia – Universidade Federal de Pelotas

AUTORES

Anelise Vicentini Kuss, Professora Adjunta de Microbiologia Ambiental do Departamento de Microbiologia e Parasitologia, Instituto de Biologia, da Universidade Federal de Pelotas. Graduada em Biologia pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, especialista em Planejamento Ambiental - UFRGS e Saúde Pública – UNIJUI, Mestre em Biotecnologia - Fermentações Industriais pela Universidade de Caxias do Sul, e Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria. Docente em cursos de Ciências Biológicas, Química Industrial e Engenharia Sanitária e Ambiental, nas áreas de Microbiologia Geral, Ambiental e Industrial. Atua nos seguintes temas: isolamento de microrganismos de interesse ambiental, bactérias fixadoras de nitrogênio, bactérias produtoras de celulases e lipases, conservação ambiental, indicadores microbiológicos de qualidade ambiental, bactérias do solo, ensino de microbiologia no ensino médio e superior. Coordenadora do projeto Atividades extracurriculares em Biologia. Coordenadora Institucional do Programa Novos Talentos/CAPES/UFPel. Membro do Comitê Gestor Institucional da política nacional de formação inicial e continuada de profissionais da educação básica. Coordenadora de curso de Especialização em Educação Ambiental UFPel/SECADI/MEC.

Andrés Felipe Gil Rave, graduado em Biologia pela Universidad Santa Rosa de Cabal (UNISARC), Colômbia, e mestrando no Programa de Pós-Graduação em Bioquímica e Bioprospecção pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Atua no laboratório de Microbiologia Ambiental do Instituto de Biologia - UFPel, com pesquisa na área de microrganismos produtores de lipases.

Greice Hartwig Schwanke Peil, Tutora no Curso de Especialização em Educação Ambiental – UFPel. Mestranda do Programa de Pós-graduação em Bioquímica e Bioprospecção no Programa de Pós-Graduação em Bioquímica e Bioprospecção pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Graduada em Ciências Biológicas (Bacharelado) e cursando graduação em Ciências Biológicas Licenciatura, ambas pela Universidade Federal de Pelotas. Atua no laboratório de Microbiologia Ambiental do Instituto de Biologia - UFPel, desenvolvendo pesquisas com microrganismos produtores de lipases.

Vivian Vicentini Kuss, Engenheira de Processos Térmicos na Petrobras pela empresa prestadora de serviços HOPE, Rio de Janeiro. Graduada em Engenheira Química pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), na área de Engenharia de Processos – Energias Renováveis. Possui experiência nas áreas de Processamento de Petróleo (*onshore* e *offshore*) e Energia, em projetos de engenharia (Projeto Básico, FEED – *Front End Engineering Design* – Detalhamento e Comissionamento).

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO 1 - AR.....	15
1. ATMOSFERA.....	15
2. POLUIÇÃO DO AR.....	17
3. POLUIÇÃO VEICULAR.....	24
4. IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS POR POLUENTES ATMOSFÉRICOS	27
5. PADRÕES DE QUALIDADE DO AR	30
6. MEDIDAS DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR:.....	32
7. POLUIÇÃO EM AMBIENTES INTERNOS.....	32
8. PROPOSTAS DE ATIVIDADES:.....	40
9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	42
CAPÍTULO 2 - ÁGUA.....	45
1. ÁGUA: ELEMENTO ESSENCIAL À VIDA	45
2. CICLO HIDROLÓGICO	48
3. USO E QUALIDADE DA ÁGUA	49
4. INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE ÁGUA	57
5. POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	58
6. USO RACIONAL DA ÁGUA	60
7. PROPOSTAS DE ATIVIDADES:.....	64
8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	67
CAPÍTULO 3 - SOLO	71
1. O QUE É SOLO?.....	72
2. COMO O SOLO SE FORMA NA NATUREZA.....	74

3.	A VIDA NO INTERIOR DO SOLO	75
4.	UTILIZAÇÃO DO SOLO.....	77
5.	QUALIDADE DO SOLO	80
6.	EMPOBRECIMENTO, POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DO SOLO.....	82
7.	PRESERVAÇÃO DO SOLO	83
8.	PROPOSTAS DE ATIVIDADES	87
9.	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	90

CAPÍTULO 4 - GERAÇÃO DE ENERGIA..... 93

1.	FONTES RENOVÁVEIS E NÃO RENOVÁVEIS DE ENERGIA	94
2.	MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL.....	95
3.	FONTES DE ENERGIA NÃO RENOVÁVEIS.....	97
3.1	<i>Petróleo: Combustíveis e outros Derivados</i>	<i>97</i>
3.2	<i>Carvão Mineral.....</i>	<i>102</i>
3.3	<i>Centrais Termelétricas.....</i>	<i>102</i>
3.4	<i>Usinas Nucleares</i>	<i>104</i>
3.5	<i>Usinas Geotérmicas</i>	<i>108</i>
4.	VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS ENERGIAS NÃO RENOVÁVEIS	109
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
6.	PROPOSTAS DE ATIVIDADES	114
7.	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	114

CAPÍTULO 5 - FONTES ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS DE ENERGIA 117

1.	HISTÓRICO	118
----	-----------------	-----

2.	USINAS HIDRELÉTRICAS	121
3.	USINAS EÓLICAS.....	122
4.	ENERGIA SOLAR	123
5.	ENERGIA DOS OCEANOS.....	124
6.	BIOMASSA	125
6.1	<i>Biodiesel</i>	127
6.2	<i>Etanol</i>	130
7.	PROPOSTAS DE ATIVIDADES	134
8.	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	1366

INTRODUÇÃO

As mudanças ambientais são pressionadas por processos socioeconômicos e culturais, devido à demanda criada sobre os recursos naturais e os ciclos biogeoquímicos. Segundo Confalonieri *et al.*, (2002) fatores como demanda de consumo de bens materiais motivadas por valores de caráter antropocêntrico, inovações tecnológicas, crescimento econômico, crescimento populacional contínuo, empobrecimento e consequente ação predatória sobre os recursos do ambiente para sobreviver aceleram as pressões ambientais. Enquanto as atividades econômicas são supervalorizadas na sociedade, temos acompanhado a depressão dos recursos naturais, destruição de *habitats*, ecossimplificação e despejos de resíduos.

As mudanças climáticas têm disparado migrações, destruído os meios de sustento de comunidades, alterado as economias, reduzido o desenvolvimento e aumentado as desigualdades sociais e culturais. A emissão de gases de efeito estufa resulta de atividades humanas que utilizam recursos naturais como carvão e petróleo, mas o fator social é uma variável muito importante nas alterações climáticas que ocorrem no Planeta, pois a atuação humana é decisiva para a sua aceleração.

A forma como vivemos e interagimos no mundo e nos reconhecemos nele define nossos hábitos e rotinas, desde o local onde escolhemos (ou não) para morar até o que somos capazes de empreender ao nosso redor. Há relação entre o que consumimos, como consumimos, como nos alimentamos e a quantidade de energia que demandamos para manter nosso estilo de vida. A quantidade de recursos naturais que nosso estilo de vida demanda constitui nossa pegada ecológica. Quanto maior o impacto produzido pela sociedade com seus hábitos de consumo, maior será sua pegada ecológica (TRAJBER & MOREIRA, 2010).

Segundo Tristão (2005), a educação ambiental apresenta dois desafios: compreender os desequilíbrios ecológicos e realizar um processo educativo que se transforme em práticas cotidianas significativas. Os desequilíbrios nas duas áreas podem ser creditados a redução da realidade apenas ao nível econômico, divisão do conhecimento em disciplinas e redução do ser humano a um sujeito racional.

Na perspectiva de melhor compreender os desequilíbrios ecológicos para propor soluções e projetos é que o presente livro foi elaborado. Apresenta conhecimentos básicos sobre ar, água, solo e energia de forma atualizada e aprofundada, para que os docentes acessem informações mais complexas do que aquelas apresentadas no livro didático fornecido aos seus alunos. Cada capítulo foi escrito por profissionais especializados na área, para que o leitor se sinta seguro ao acessar, reproduzir e discutir com seus alunos ou colegas as informações aqui contidas.

No primeiro capítulo, AR, serão estudadas as condições normais da atmosfera e como temos poluído o ar que respiramos, com destaque para a poluição veicular. São apresentados os impactos que a poluição do ar produz tanto sobre o ambiente, quanto sobre nossa saúde, ambientes externos e internos. Apresentam-se ainda os padrões de qualidade do ar definidos em lei para nos proteger e as formas de controle já estabelecidas para manutenção da qualidade do ar que respiramos. No fim do capítulo, há sugestões de atividades em educação ambiental que podem ser conduzidas para discussão do tema nas escolas e também em espaços não formais de aprendizagem.

Imprescindível para manutenção da vida, a ÁGUA é o assunto do segundo capítulo. São discutidos os usos da água em nossa sociedade e suas implicações na qualidade da mesma. Formas e vias de poluição e contaminação da água, uso de indicadores de qualidade (químicos, físicos e microbiológicos) e regulamentação existente para garantir a conservação de

mananciais são discutidas. E finalmente, o capítulo apresenta sugestões de uso racional da água e propostas de atividades a serem aplicadas em projetos de educação ambiental.

Embora visto apenas como local onde as plantas crescem, o SOLO é apresentado no terceiro capítulo como uma parte de nosso Planeta que demora milhares de anos para se formar e abriga uma rica diversidade de vida que garante a fertilidade do solo e permite o crescimento vegetal, base de nossa alimentação. Definições e abrangência dos termos empobrecimento, poluição e contaminação do solo são apresentadas para compreensão da necessidade de preservar o solo, bem como atividades a serem desenvolvidas para familiarizar e despertar nos alunos a importância do solo.

O quarto capítulo trata de GERAÇÃO DE ENERGIA, diferencia fontes renováveis e não renováveis e discute a matriz energética brasileira. Neste capítulo é realizada uma caracterização das principais fontes de energia não renováveis utilizadas no Brasil e se discute as vantagens e desvantagens do uso de fontes de energia não renováveis. As atividades propostas ao fim do capítulo visam sensibilizar os alunos para a demanda energética criada por nosso estilo de vida.

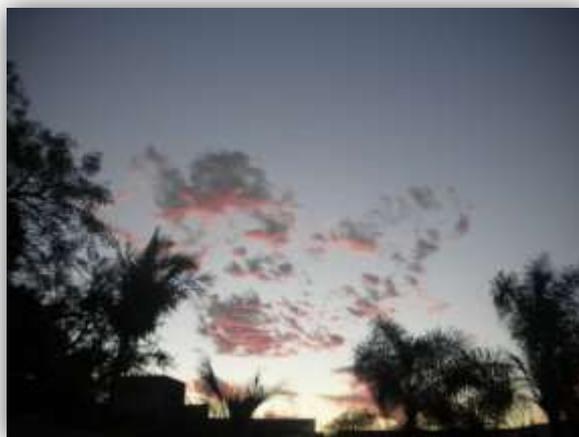
O quinto e último capítulo se ocupa em fornecer suporte científico para melhor compreensão das possibilidades de uso de FONTES ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS DE ENERGIA: hidrelétrica, eólica, solar, oceanos e biomassa. Menos conhecidas pela maioria das pessoas, mas muito importantes na ótica das alterações climáticas globais, devem ser discutidas em projetos de educação ambiental para que haja mobilização da sociedade em torno de sua utilização em substituição às fontes não renováveis. São apresentadas sugestões de atividades no final do capítulo.

Este livro constitui uma contribuição que os autores e colaboradores dos capítulos, na condição de professores, pesquisadores e profissionais em

suas áreas fazem para que a educação ambiental se estabeleça em nossa sociedade como prática diária e coletiva.

CAPÍTULO 1- AR

Anelise Vicentini Kuss



Ao iniciar o século XXI, é crescente a preocupação com a qualidade de vida e a qualidade ambiental, levando técnicos e pesquisadores a busca de alternativas viáveis para melhoria das condições em que o ser humano vive.

As regiões urbanas, em geral, oferecem condições de vida desfavoráveis, devido ao trânsito intenso com geração de gases tóxicos, rios e solos poluídos por efluentes e depósitos de lixo, redução da quantidade de água potável disponível. Tais fatores merecem atenção, pois além da degradação ambiental, a veiculação de doenças humanas por água, esgoto, lixo e alimentos contaminados interferem na saúde humana.

1. ATMOSFERA

Nosso planeta Terra está envolvido por uma camada de gases, a atmosfera. Denomina-se homosfera uma camada de aproximadamente 100 km de altura, que devido a movimentações verticais de ar e ventos, tem uma composição constante, como se vê na Tabela 1.

Há ainda vapor de água, que varia de 0,05% na região polar continental a 2,5% em zonas equatoriais. Ao longo dos anos, a atmosfera terrestre tem recebido substâncias lançadas por processos naturais, como vulcões, evaporação, ventos, decomposição de seres vivos e incêndios. Com o crescimento populacional e a estruturação dos centros urbanos, tem aumentado o nível de poluição atmosférica, interferindo na capacidade de autodepuração do sistema.

Tabela 1: Composição do ar atmosférico

Substância	Composição (%)
Nitrogênio	78,08
Oxigênio	20,95
Argônio	0,93
Dióxido de carbono	0,0358
Hidrogênio	0,00005
Óxido nítrico	0,00003
Ozônio	0,000004
Todos os demais	0,004116

Adaptado de Philippi, 2005.

A atmosfera envolve nosso Planeta e sobre a superfície terrestre há uma camada chamada troposfera, que se estende entre 10 e 16 km acima. Todas as formas de vida conhecidas se encontram nessa região da atmosfera. Acima da troposfera, há a estratosfera, que atinge 50 km de altura. É na estratosfera que se encontra a camada de ozônio, tão importante para nossa sobrevivência (PHILIPPI, 2005). No nível do solo, o ozônio é um poluente, mas na estratosfera, protege as pessoas, animais e plantas, pois filtra raios ultravioletas (UV) do Sol que nos são prejudiciais.

2. POLUIÇÃO DO AR

Existem relatos de efeitos da poluição desde a antiguidade, mas a revolução industrial aumentou a mesma em grandes proporções. Com a urbanização, houve grande aumento no consumo de energia e emissões de poluentes (queima de combustíveis fósseis por fontes fixas, como as indústrias) e por fontes móveis (como os veículos automotores). Há fontes naturais e muito antigas de poluição do ar, como queima acidental de biomassa animal ou vegetal e erupções vulcânicas.

A poluição do ar pode ser definida como

“a introdução na atmosfera de qualquer matéria ou energia que venha a alterar as propriedades desse ar, afetando a saúde das espécies animais ou vegetais que dependem ou tenham contato com essa atmosfera, ou que venham a provocar modificações físico-químicas nas espécies minerais que tenham contato com elas.”(ALMANÇA et al., 2011).

A poluição ambiental externa causa 1,15 milhões de óbitos em todo o mundo (2% do total de óbitos) e a poluição no interior dos domicílios causa aproximadamente 2 milhões de óbitos prematuros. No Brasil, segundo a Organização Mundial da Saúde, a poluição atmosférica externa é responsável por 20 mil óbitos/ano, cinco vezes o número de óbitos estimado pelo tabagismo ambiental/passivo. Quanto a poluição em ambientes internos são 10,7 mil óbitos/ano (OBERG et al., 2011).

É denominado material particulado (MP) a mistura de partículas sólidas e gotas de líquidos presentes na atmosfera. Algumas partículas visíveis, como as a fumaça ou a fuligem, pois são grandes e escuras. Outras partículas são pequenas, visíveis apenas com auxílio de microscópio. A fonte de origem do MP pode ser natural (evaporadas do mar na forma de gotículas microscópicas, pólenes, poeiras e vulcões ou outras erupções geotérmicas) ou artificial (geradas por motores de veículos, caldeiras industriais e fumaça do cigarro) (QUEIROZ et al., 2007). As partículas grandes, com diâmetro entre 2,5 e 30 µm, produzidas por combustões descontroladas, dispersão mecânica do solo ou outros materiais do solo, e partículas pequenas com diâmetro menor que 2,5 µm, emitidas pela combustão de fontes móveis

e estacionárias, como automóveis, incineradores e termoelétricas, que por serem pequenas e ácidas, podem alcançar partes inferiores do trato respiratório. As partículas vão se depositando no sistema respiratório e podem ser removidas pelos mecanismos de defesa do organismo. Um deles é o espirro, desencadeado pelas grandes partículas. Outros mecanismos são a tosse e o sistema mucociliar, que se encarregam de partículas menores (CANÇADO *et al.*, 2006).

A mistura de material particulado (MP) e gases emitidos para a atmosfera principalmente por indústrias, veículos automotivos, termoelétricas, queima de biomassa e de combustíveis fósseis constitui o que se define como ar poluído. Os poluentes do ar podem primários ou secundários. Os poluentes primários são aqueles liberados pela fonte produtora diretamente para a atmosfera. No Brasil, os principais poluentes primários são monitorados por agências ambientais em todo o mundo: óxidos de nitrogênio (NO_2 ou NO_x), compostos orgânicos voláteis (COVs), monóxido de carbono (CO) e dióxido de enxofre (SO_2). Poluentes secundários são resultantes de reações químicas entre os poluentes primários presentes na atmosfera e os constituintes naturais do ar. Um poluente secundário bem conhecido é o ozônio (O_3), que se forma a partir da reação química induzida pela oxidação fotoquímica dos COVs e do NO_2 na presença de raios ultravioleta provenientes da luz solar (ARBEX *et al.*, 2012).

Os óxidos de nitrogênio (NO_x) compreendem o óxido nítrico (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO_2). Sua origem está nos motores de automóveis, termoelétricas, indústrias, fogões a gás, e cigarros. Na presença de luz solar, o dióxido de nitrogênio, reage com hidrocarbonetos e oxigênio e forma ozônio. O dióxido de nitrogênio, quando inalado, atinge o pulmão, e seu efeito citotóxico é devido ao seu poder oxidante (CANÇADO *et al.*, 2006).

Os compostos orgânicos voláteis (COVs) apresentam, no mínimo, um átomo de carbono e um de hidrogênio na sua estrutura molecular, e baixo ponto de ebulição. Por isso, são voláteis. Podem ser álcoois, cetonas, ésteres e aldeídos e sua soma constitui o que se denomina compostos orgânicos voláteis totais (COVsT). Resultam da primeira fotooxidação dos hidrocarbonetos e aumentam a concentração

de ozônio na troposfera, o que é indesejável. Ocorrendo em pequenas concentrações na natureza, mas em grande quantidade em combustíveis fósseis, o benzeno, o tolueno e os xilenos apresentam potencial tóxico. O benzeno, adicionado à gasolina para melhorar a sua qualidade, também está na fumaça do cigarro e é inalado pelos tabagistas e fumantes passivos.

O benzeno em altas concentrações está relacionado a algumas formas de câncer; tolueno é neurotóxico e hepatotóxico; e os xilenos são nefrotóxicos, neurotóxicos e fototóxicos. Alvim *et al.* (2011) relatam que em trabalhadores expostos ao benzeno, houve aumento da incidência de leucemia. Os aldeídos, como formaldeído e acetaldeído, são potencialmente tóxicos. Em altas concentrações, são narcóticos potentes e podem causar depressão do sistema nervoso central, cefaléia, fadiga e confusão, e ainda, irritação dos olhos, trato respiratório, pulmões e pele. Em concentrações baixas, a maioria é considerada inócua (BOECHAT & RIOS, 2011).

O monóxido de carbono (CO) resulta da queima de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, queima de tabaco, churrasqueiras e fogões a gás. O CO possui afinidade pela hemoglobina, 240 vezes maior que o oxigênio, sendo capaz de saturar rapidamente o sangue e reduzindo a capacidade do sangue transportar oxigênio (CANÇADO *et al.*, 2006).

O dióxido de enxofre (SO₂) é um contaminante natural em combustíveis fósseis, liberado na queima dos mesmos. A concentração atmosférica de SO₂ está relacionada a uma maior frequência de crises de asma na população. Após 2 minutos da exposição, a função pulmonar é reduzida e atinge o máximo em 5 a 10 minutos. Após 30 minutos, ocorre recuperação espontânea. Em pessoas não asmáticas, a função pulmonar não se altera, porque o gás adsorve na mucosa nasal. Mas se a pessoa respira pela boca, pode causar efeitos adversos (RIOS & BOECHAT, 2011). Chamados de aerossóis ácidos, o sulfato (SO₄²⁻), o bissulfato (HSO₄) e o ácido sulfúrico (H₂SO₄), se encontram dissolvidos nas gotas de água da atmosfera, e causam inflamações no trato respiratório, devido ao baixo pH (menor que 1) (CANÇADO *et al.*, 2006).

DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA AUMENTA POLUIÇÃO EM PAÍSES DA AMÉRICA DO SUL

Por Elton Alisson, de Rio Branco (AC)

29 de julho de 2014.

Fonte: Extraído na íntegra de

Boletim Agência FAPESP:

www.agencia.fapesp.br



Fumaça produzida por fogo nos estados amazônicos migra para Bolívia, Peru e Paraguai, elevando os níveis de poluição atmosférica desses países, indica estudo feito no Inpe (foto: Wikipedia/Nasa)

Agência FAPESP – Os estados amazônicos do Pará, Rondônia, Amazonas e Acre têm "exportado" a fumaça produzida pelo desmatamento por fogo para Bolívia, Peru e Paraguai e contribuído para aumentar os níveis de poluição atmosférica nesses países vizinhos. Ao lado do Mato Grosso, esses quatro estados também registram o maior número de focos de queimadas na América do Sul.

A constatação é de um estudo feito por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) que utilizou o supercomputador Tupã, instalado na instituição com recursos da FAPESP e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

Alguns resultados do estudo foram apresentados em uma palestra sobre o impacto trinacional da queima da biomassa e da fumaça na Amazônia Sul-Occidental, realizada durante a 66ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da

Ciência (SBPC), que terminou no domingo (27/07), no campus da Universidade Federal do Acre (UFAC), em Rio Branco.

“A maior produção de fumaça resultante da queima de floresta na América do Sul é brasileira. O Brasil realmente exporta fumaça de queimadas e contamina os demais países da região”, disse Saulo Ribeiro de Freitas, pesquisador do Inpe, à Agência FAPESP.

De acordo com Freitas, as queimadas florestais ocorrem em escala global. Na América do Sul, contudo, podem ser registrados mais de 5 mil focos de queimadas em um único dia.

Durante um mês, o acúmulo de vários focos de queimadas gera plumas de fumaça. Ao serem transportadas por massas de ar produzidas na região Norte e no centro do Brasil, essas plumas de fumaça chegam à região sul da América do Sul e podem cobrir áreas de até 5 milhões de quilômetros quadrados, como se observou em imagens de satélite.

“O tipo de circulação de ar predominante na estação seca na região Norte do Brasil faz com que exista um corredor de exportação que canaliza a fumaça produzida pelas queimadas nessa região para o oeste da América do Sul, invadindo a área do Peru, Bolívia e Paraguai”, disse Freitas.

“Esse corredor muitas vezes também alcança a Argentina e só é bloqueado quando há a entrada de uma frente fria, que pega a fumaça vinda do norte do Brasil e a devolve para o país. Quando essa inversão ocorre é possível observar colunas de fumaça passando sobre a cidade de São Paulo, por exemplo”, disse.

A fim de estimar as fontes de emissão de fumaça por queimada na Amazônia e indicar a contribuição relativa de cada estado amazônico e país da região, os pesquisadores desenvolveram nos últimos dois anos um sistema baseado em dados de satélites e em modelagem numérica (computacional).

O sistema é capaz de identificar onde há focos de queimadas na América do Sul e estimar a quantidade de fumaça e, conseqüentemente, de poluentes do ar

emitidos isoladamente em cada um dos estados brasileiros ou países da região.

Emissões no Acre

O sistema foi utilizado para identificar as fontes de emissões de poluentes por fumaça de queimadas – como partículas em suspensão na atmosfera ou aerossóis atmosféricos – nos anos de 2005, 2008, 2009 e 2010 no Estado do Acre.

Algumas das constatações das simulações foram que entre 5 e 10 dias por ano o ar do estado apresenta uma concentração média de aerossóis atmosféricos com diâmetro acima de 2,5 microns (μg) – considerado o mais relevante em termos de impactos à saúde – na faixa entre 40 e 80 microns por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), acima dos limites considerados toleráveis pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Durante a estação seca – entre julho e novembro –, o ar no Acre permanece por períodos de até 30 dias com níveis de concentração média de partículas em suspensão com 2,5 μg nesta mesma faixa.

No período de seca de 2005, por exemplo, em que as emissões por queimadas no Acre foram muito altas, a média mensal de emissões de particulados pela queima de biomassa no estado atingiu 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. “Constatamos essas mesmas variações na qualidade do ar do estado nos quatro anos simulados no estudo”, contou Freitas.

Os pesquisadores também calcularam o percentual de poluição atmosférica produzida pela fumaça da queima de biomassa proveniente do próprio Acre e dos estados e países vizinhos.

Os resultados dos cálculos indicaram que em agosto de 2005, por exemplo, os maiores contribuintes de emissões de fumaça da queima de biomassa foram o próprio Acre, seguido do Estado do Amazonas. Já em novembro do mesmo ano a maior parte das emissões foi proveniente do Amazonas e do Pará.

O mesmo padrão de fontes de emissão de fumaça por queimada na região foi observado nos quatro anos de simulações, segundo Freitas. “O maior foco de emissões de fumaça registrada no Acre está no próprio país. Os resultados das nossas simulações mostram claramente isso”, disse.

Legislação trinacional

O estudo foi realizado pelos pesquisadores do Inpe em colaboração com colegas da UFAC, a pedido do Ministério Público do Estado do Acre.

Em razão dos problemas à saúde da população causados pelo aumento dos focos de queimadas no estado em 2005, o órgão impetrou uma ação civil pública em 2007 determinando a proibição do uso de fogo para o desmatamento na região e solicitou às duas instituições um estudo técnico para identificar as fontes de poluição por queimadas no estado.

“Uma das alegações era que a maior parte da fumaça resultante de queimada não era emitida aqui no estado, mas nos países vizinhos, especificamente, a Bolívia e o Peru. Recorremos ao Inpe e à UFAC para saber se era possível determinar a origem da fumaça de queimada no estado”, disse Patricia Rego, procuradora de justiça do Ministério Público do Acre.

Os resultados do estudo indicaram que a possibilidade de a fumaça produzida por queima de biomassa na Bolívia invadir o Acre era muito remota.

“Uma das únicas hipóteses para isso seria as frentes frias do sul da América do Sul transportarem o ar poluído dessa região para o norte do Brasil. Mas esse tipo de ocorrência é muito rara”, afirmou Freitas.

O professor José Montanez Montaña, da Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), em Santa Cruz de La Sierra, na Bolívia, destacou durante a conferência que, como o problema da queima de biomassa e da fumaça na Amazônia Sul-Occidental é transfronteiriço, é preciso que Brasil, Bolívia e Peru elaborem uma legislação trinacional para identificar e eliminar as causas.

“O Brasil é o maior emissor de fumaça, mas os problemas causados pela queima de biomassa são sentidos de igual forma pelos três países. Como somos receptores dessa fumaça – e não os emissores –, obviamente somos os mais afetados”, afirmou Montaña.

3. POLUIÇÃO VEICULAR

O desenvolvimento econômico e a urbanização crescente nos países em desenvolvimento têm revelado um processo que tem como consequência o aumento dos níveis de concentração da poluição atmosférica: rápido aumento do número de veículos. Além do aumento em número, muitos desses veículos se encontram em mau estado, utilizam combustíveis de má qualidade e não realizam manutenção adequada nos motores e mecanismos de filtragem de gases. Segundo HABERMANN *et al.* (2011), nas últimas décadas houve redução na quantidade de poluentes emitidos por veículos, devido a tecnologias específicas. Mas o crescimento da frota veicular gera congestionamentos que mantêm os veículos por maior tempo no trânsito, aumentando a queima de combustíveis e gerando mais poluição.

Atualmente há grande preocupação com a qualidade do ar, principalmente em grandes centros urbanos. O grande número de veículos nas cidades converte os veículos em responsáveis pela maior parte das emissões (UEDA & TOMAZ 2011).

No Brasil, o número de veículos registrados pelo DENATRAN em junho de 2014, foi 84.063.191 veículos. A frota veicular do Estado do Rio Grande do Sul corresponde a 7,19% da frota brasileira. A Tabela 2 apresenta detalhamento da frota de veículos no Brasil e no Rio Grande do Sul.

Tabela 2: Frota Nacional de veículos no Brasil e no RS

TIPO DE VEÍCULO	BRASIL	RS
Automóvel	46.633.635	3.715.549
Caminhão	2.535.225	210.795
Caminhão trator	559.693	52.094
Caminhonete	5.974.563	414.623
Camioneta	2.621.539	194.929
Microônibus	351.698	19.047
Ônibus	560.123	37.485
Utilitários	520.318	34.896
Outros	24.306.397	1.364.262
TOTAL	84.063.191	6.043.680

Fonte: DENATRAN (dados referentes a junho/2014).

O monóxido de carbono, os óxidos de nitrogênio e o material particulado são poluentes atmosféricos produzidos pela combustão em motores a combustão interna. Os hidrocarbonetos são emitidos pelo escapamento dos veículos e, também, pela evaporação dos combustíveis e dos óleos lubrificantes. O dióxido de enxofre é oriundo do combustível que contém enxofre. Monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), material particulado (MP), aldeídos (RCHO), óxido nítrico (NO₂) e hidrocarbonetos (HC), como benzeno, 1,3-butadieno, benzopireno, são poluentes que causam danos à saúde humana, relacionados a doenças respiratórias, como asma, à maior incidência de câncer, doenças cardiovasculares, problemas neurológicos e de reprodução (UEDA & TOMAZ, 2011).

Segundo TEIXEIRA *et al.* (2008) a quantidade de poluentes emitidos

depende do tipo de motor, da sua regulação, da forma de manutenção e do modo de dirigir do motorista. Os veículos poluem inclusive com o motor desligado, pois há evaporação de combustível pelo suspiro do tanque e no sistema de carburação do motor. Em regiões congestionadas, a movimentação de veículos responde por 90% das emissões de CO, 80 a 90% das emissões de NO_x, hidrocarbonetos e uma boa parcela de particulados. A maior porção das emissões de óxidos de nitrogênio e de enxofre é gerada por veículos pesados (ônibus e caminhões). Já os veículos leves (automotores de passeio e de uso misto), movidos à gasolina e a álcool, liberam principalmente monóxido de carbono e hidrocarbonetos.

A gasolina apresenta altos fatores de emissão de gases e dependência de mercados externos que controlam grande parte da produção, sendo combustível mais utilizado por carros leves. Em veículos mais novos, tecnologias como os catalisadores e a injeção eletrônica de combustível, passaram a controlar as emissões de gases. Embora a redução de emissão de poluentes em apenas um carro pareça insignificante, sua soma no Estado ou no País representa redução de toneladas de poluentes por dia. Os veículos a álcool não emitem compostos de enxofre. O álcool combustível emite menos CO porque ocorre queima mais completa. Sendo uma molécula simples, sua combustão produz pequena quantidade de partículas de carbono, o que resulta em emissão desprezível de material particulado. O aumento da frota de veículos movidos a gás natural veicular (GNV) e do tipo “flex” (álcool/gasolina) deve reduzir as emissões atuais e melhorar a qualidade do ar. (TEIXEIRA *et al.*, 2008).

As emissões de NO_x, SO_x e MP do veículo a diesel são mais elevadas que os outros combustíveis. Vale lembrar que é comum intensa circulação de caminhões e ônibus, em sua maioria movida a diesel, em nosso País. Tais veículos contribuem para o aumento da ressuspensão, que é somada ao MP. NO_x é precursor do O₃ e quando se agrega ao SO₂, contribui para a formação da chuva ácida.

Segundo ABRANTES *et al.* (2005), um grupo de poluentes importante são os aldeídos, que apresentam capacidade de irritar os olhos e as vias aéreas superiores em humanos, causam dores de cabeça, sensação de desconforto e de irritabilidade,

asma causada por irritação no trato respiratório superior devido à exposição ao formaldeído. Causam também de danos à flora, inclusive a hortaliças, e a fauna, principalmente aos organismos unicelulares. Esses compostos participam de reações na atmosfera, gerando outros compostos, como o *smog* fotoquímico, que contém gases oxidantes (danos respiratórios aos humanos e danos aos materiais, atacando principalmente borrachas), entre os quais predomina o gás ozônio. A queima de etanol produz os aldeídos (R-CHO), no entanto, são emitidos em maior quantidade pela frota a gasolina, devido à presença de etanol (24%) na gasolina. Do ponto de vista ambiental, o Brasil é pioneiro na produção de um dos melhores combustíveis do mundo, adicionando compostos oxigenados à gasolina (23% de álcool) (TEIXEIRA *et al.*, 2008).

4. IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS POR POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Os poluentes presentes no ar danificam materiais expostos a certas concentrações, causando abrasão de materiais, deposição sobre superfícies, ataque químico sobre superfícies metálicas. Outro inconveniente da poluição é a redução da visibilidade, pois aumenta o risco de acidentes. Os poluentes atmosféricos agem sobre a vegetação, pois quando se depositam sobre a superfície das plantas reduzem a penetração de luz e conseqüentemente, a atividade fotossintética. Os poluentes podem ainda, ser carregados pela água da chuva ao solo, alterando suas condições e prejudicando as raízes das plantas. O resultado é a redução de crescimento e produção das plantas, gerando impactos na agricultura, floricultura e reservas ambientais (PHILIPPI, 2005).

Outros fenômenos bem conhecidos provocados por poluentes atmosféricos são a chuva ácida, efeito estufa, destruição da camada de ozônio e inversão térmica.

- Chuva ácida: é a deposição úmida de gases poluentes presentes na atmosfera como enxofre (SO₂) e dos óxidos de nitrogênio (NO_x = NO e NO₂). Estes se dissolvem nas nuvens e nas gotas de chuva, e, sendo

gases formadores de ácidos fortes, formam uma solução com pH menor de 5,6. São gerados pela queima de combustíveis fósseis, como petróleo e carvão mineral, em veículos e indústrias, usinas termelétricas, refinarias de petróleo e indústrias siderúrgicas e, ainda, no processo de fabricação de ácido sulfúrico, ácido nítrico, celulose, fertilizantes e na metalurgia dos minerais não metálicos. A chuva ácida tem efeitos sobre as condições ambientais, como acidificação de lagos, redução da população de peixes, diminuição das florestas, aumento de doenças em plantas, aceleração de danos em materiais construídos (metal, borracha, tinta, mármore). No Brasil há chuva ácida, mas são poucos os estudos sobre o assunto (FORNARO, 2006).

- Efeito estufa: O aumento excessivo da emissão de gases, principalmente dióxido de carbono (CO_2), gerou o que conhecemos por efeito estufa. Outros gases são o metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), ozônio (O_3) e clorofluorcarbonos (CFCs). A emissão de CO_2 é resultante das atividades humanas que utilizam recursos naturais como carvão e petróleo, recursos que se encontravam armazenados há milhões de anos e cuja queima libera CO_2 para a atmosfera. O aumento contínuo de gases de efeito estufa (GEE) favorece a interação com a radiação infravermelha refletida pela terra e produz aumento de temperatura do ar. É o aquecimento global, que tem provocado mudanças climáticas preocupantes, como distribuição irregular de chuvas, alterações na temperatura da atmosfera, elevação do nível dos mares. A concentração de CO_2 na atmosfera aumentou 31% nos últimos 250 anos e no último século a temperatura do planeta subiu $0,7^\circ \text{C}$. Segundo projeções do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), nos próximos 100 anos o aumento pode atingir $5,8^\circ \text{C}$ em algumas regiões do Planeta (SOUZA *et al.*, 2011).
- Destruição camada de ozônio: no nível do solo, o ozônio é um

poluente. Na década de 70, foi detectado um buraco na Camada de Ozônio sob a Antártica e em seguida no Polo Norte, levando a população a perceber que os problemas ambientais eram reais. Em 1985, a comunidade internacional passou a considerar o buraco na camada de ozônio um problema ambiental. As substâncias que destroem a Camada de Ozônio, os clorofluorcarbonos (CFCs) são resultantes de atividades industriais para produção de propelentes para fabricação de aerossóis, espumas, plásticos, ar condicionado e serviços de refrigeração, como agentes de processos e nos setores de solventes, além de uso em medicamentos (inaladores de dose medida). Enquanto a indústria se beneficiava com a utilização dos CFCs, descobriu-se que estes apresentavam efeitos adversos aos seres vivos e agrediam o meio ambiente. A perspectiva do aumento de doenças sérias levou os políticos a criarem um acordo internacional para, inicialmente, reduzir à metade o consumo dos CFCs e depois bani-los. A produção total de gases CFC de 1996 foi inferior a de 1960. Mas, o buraco na cama da de ozônio em 2007 foi de 25 milhões de km² e em 2008, se espalhava por 27 milhões de km² (SILVA, 2009).

- A radiação ultravioleta (RUV) do sol – controlada pelo ozônio na estratosfera - tem efeitos biológicos agudos ou crônicos em humanos. Entre os efeitos agudos, que aparecem alguns minutos ou horas após a exposição, podem ser benéficos como a produção de vitamina D (resultado da exposição à radiação UVB), ou danosos, como eritema, bronzeado, imunossupressão, edema, danos à córnea, à retina e ao DNA (exposição excessiva à RUV). Os efeitos crônicos são observados em longo prazo, como câncer de pele, imunossupressão, envelhecimento precoce da pele, catarata e degeneração da mácula. São decorrentes do acúmulo de doses baixas de RUV ao longo dos anos (SILVA, 2008). Quanto à vida selvagem, é bem documentada a

ação dos raios UV sobre a redução das populações de anuros (sapos, rãs), pois atingem os ovos e embriões, gerando anomalias e problemas no sistema imunológico, deixando-os mais suscetíveis ao ataque de agentes infecciosos (SILVA, 2009).

- Inversão térmica: em condições normais na atmosfera, o ar quente sobe e o frio desce, formando uma corrente vertical de renovação do ar e dissipação de poluentes. No inverno, na ausência de ventos e céu claro, o calor se perde por radiação durante a noite, e o ar que se encontra em contato com o solo se resfria, ficando mais denso do que a camada de ar imediatamente acima. Ao aumentar a camada fria, os gases poluentes e fumaças ficam "presos" na interface de uma camada quente e outra fria. A situação normal, em que ocorre queda da temperatura do ar com o aumento de altitude é assim, invertida, pois o ar frio fica retido embaixo de uma camada de ar quente e poluído, o que gera o fenômeno da inversão térmica, a qual se apresenta acompanhada de camadas de denso nevoeiro a baixa altitude. Nesse caso, a umidade relativa do ar e a luz solar interferem nas reações químicas que envolvem os poluentes, e o dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio, emitidos sob a forma de gases, podem ser convertidos, respectivamente, em sulfatos ou nitratos, aumentando a carga total de partículas em suspensão (DUCIADE, 1992).

5. PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua Resolução 03/1990, que trata dos padrões de qualidade do ar previstos no Programa Nacional de qualidade do ar:

“Art. 1º São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.”

Parágrafo único. Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;

II - inconveniente ao bem-estar público;

III - danoso aos materiais, à fauna e fl ora.

IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais

da comunidade.” (Brasil, 2012)

Santana *et al.* (2012) definem a poluição como um problema com diversas origens e consequências, ressaltando a importância de uma gestão da qualidade do ar como elemento norteador de ações para buscar os padrões de qualidade do ar, incorporando-os aos instrumentos próprios da gestão ambiental e dialogando com as áreas de saúde, planejamento urbano e a energia.

Na Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938/1981), os padrões de qualidade do ar foram incorporados como um dos instrumentos da política ambiental, (artigos 2º, VII, 4º, III e 9º, I) (Brasil, 2012d). A Resolução 005/1989, que institui o Programa Nacional de Qualidade do Ar (PRONAR) determinou a classificação dos padrões de qualidade do ar em dois tipos (MMA, 2012a):

- Primários: concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população, podendo ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos;
- Secundários: as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e flora, aos materiais e

meio ambiente em geral, podendo ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes.

O PRONAR exigiu a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários de qualidade do ar, conforme classificação de usos pretendidos:

Classe I: áreas de preservação, lazer e turismo, tais como parques nacionais e estaduais, reservas e estações ecológicas, estâncias hidrominerais e hidrotermais: a qualidade do ar destas áreas deve ser mantida no nível mais próximo possível do verificado sem a intervenção antropogênica;

Classe II: áreas onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão secundário de qualidade;

Classe III: áreas de desenvolvimento, onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão primário.

6. MEDIDAS DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR:

- Localizar adequadamente as indústrias;
- Empregar filtros para reter gases e emissões;
- Priorizar a utilização do transporte coletivo ao invés do individual;
- Melhorar o transporte urbano, visando maior fluxo;
- Aplicar rodízio de automóveis, incentivando a carona;
- Pesquisar e utilizar combustíveis menos poluidores;
- Organizar programas de educação ambiental para a comunidade;
- Evitar queima de resíduos sólidos;
- Conservar as áreas verdes;
- Fiscalizar as atividades poluidoras;

7. POLUIÇÃO EM AMBIENTES INTERNOS

Nos últimos 40 anos, o homem produziu um novo ecossistema: o ambiente interno das residências e dos prédios de escritórios. Esse ambiente interior, selado, climatizado e controlado pelo homem, é afetado por seus ocupantes e suas

atividades, pela presença de equipamentos, plantas, móveis, sistemas de ventilação e pela poluição do ar externo (BOECHAT& RIOS, 2011).

A qualidade do ambiente interno pode ser avaliada pelas reações observadas por seus habitantes. Tais reações são subdivididas em categorias, conforme descrito a seguir.

A primeira categoria, mais comum, considera as queixas relacionadas à baixa qualidade subjetiva do ar interno, como, por exemplo, desconforto térmico, ar seco, má ventilação e odores desagradáveis.

A segunda categoria compreende algumas doenças que podem ser provocadas por fatores específicos do ambiente interno, com quadro clínico definido, anormalidades verificadas em exames clínicos e laboratoriais e identificação de uma ou mais fontes de agentes causais, em geral associados a doenças infecciosas, imunológicas ou alérgicas. Algumas doenças específicas relacionadas à qualidade do ar no interior de edificações são pneumonias de hipersensibilidade, asma e legionelose.

Na terceira categoria são observados sintomas de causa desconhecida, mas com uma possível relação com o ambiente interno, como sintomas oculares, cutâneos e de vias aéreas superiores, assim como cefaléia e fadiga. O termo síndrome do edifício doente (SED) tem sido utilizado para descrever tais sintomas inespecíficos. Alguns autores não aceitam o termo SED e propõem que seja utilizada a expressão “doenças inespecíficas relacionadas a edificações” (MENZIES & BOURBEAU, 1997).

Além do material particulado, gases como o ozônio (O_3), dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO) e dióxido de enxofre (SO_2); compostos orgânicos voláteis químicos e microbianos e fumo passivo são os tipos mais comuns de poluentes do ar encontrados no ambiente interno.

O monóxido de carbono (CO) é um dos poluentes mais presentes, e surge da queima incompleta de combustível carbônico (derivados de petróleo, carvão, madeira) e outros materiais, como o tabaco. As fontes mais comuns de CO em

interiores incluem escapamentos de veículos em garagens, fogões a gás, fornalhas, fogões a lenha, lareiras e cigarros. Os efeitos tóxicos são devido a capacidade de combinação do CO com a hemoglobina, formando a carboxihemoglobina, composto que impede as trocas gasosas que ocorrem na superfície dos glóbulos vermelhos do sangue, reduzindo sua oxigenação.

A fumaça da queima do tabaco contém mais de 4.000 produtos químicos sob a forma de partículas e gases, tais como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, nitrosaminas, nicotina, compostos orgânicos voláteis, aminas aromáticas e metais. Por isso, a queima do tabaco é a principal fonte de gases e partículas respiráveis que prejudicam a qualidade dos ambientes internos (BERNSTEIN *et al.*, 2008).

Os COVs (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno, formaldeído, acetaldeído) ocorrem também em ambientes fechados, e as fontes externas constituem as fontes de concentração de poluentes químicos no ar interno, principalmente em prédios e casas localizados em áreas urbanas e próximos a zonas industriais ou ruas com tráfego pesado. Originam-se também de materiais de construção, adesivos, tintas, artigos para limpeza, fumaça de cigarro. Em certas situações, os níveis de COVs no ar de interiores são maiores que os níveis do ar exterior, indicando má qualidade do sistema de ventilação ou um grande número de fontes poluentes internas. Em altas concentrações, alguns COVs agem como potentes narcóticos, causando depressão do sistema nervoso central, cefaléia, fadiga e confusão. Altos níveis de COVs podem causar irritação nos olhos, trato respiratório, pulmões e pele (COMETTO-MUÑIZ *et al.*, 2004).

O ar interior pode ser contaminado por bactérias, fungos, grãos de pólen, ácaros e esporos. Causam doenças infecciosas e alérgicas, provocadas pelas toxinas que produzem enquanto crescem nos sistemas de ventilação. A principal forma de evitar os problemas relacionados aos contaminantes biológicos é controlar o crescimento destes a um nível mínimo. Pode-se alcançar esse objetivo adotando medidas simples, como remoção de fontes de água que permitam o crescimento dos fungos, manutenção da umidade relativa do ar menor que 60%, remoção de materiais orgânicos porosos claramente infectados, como tapetes embolorados. A

presença de umidificadores portáteis de ar deve ser evitada em escritórios, porque por falta de manutenção adequada, acabam se tornando fontes em potencial. Importante ainda manter filtros eficientes no sistema de tomada de ar externo e realizar manutenção constante destes (SCHIRMER *et al.*, 2011).

A ventilação é um dos principais fatores que interferem na qualidade do ar interno e uma das principais ferramentas para controlar a qualidade do ar dos ambientes. A ventilação consiste de um processo de fornecimento de ar externo, bem como a retirada do ar viciado, carregado de poluentes, de dentro do edifício. Sistemas de ventilação mal operados e sem manutenção adequada, constituem-se fontes potenciais de poluentes, em especial de materiais particulados e microrganismos (que crescem onde há acúmulo de umidade nos sistemas).

Enfim, para que um edifício seja saudável, deve apresentar uma boa qualidade do ar interior, utilizando adequadas taxas de ventilação, sistemas eficientes de automação predial e monitoramento contínuo dessas instalações (SCHIRMER *al.*, 2011).

Ferramenta prevê qualidade do ar com 48 horas de antecedência

Por Karina Toledo

01/08/2014

Fonte: Extraído na íntegra de Agência FAPESP

<http://agencia.fapesp.br/19524>

Agência FAPESP – Uma ferramenta computacional desenvolvida por pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) permite prever com pelo menos 48 horas de antecedência como será a qualidade do ar nas diferentes partes da Região Metropolitana de São Paulo considerando as condições meteorológicas e os

níveis de emissão e dispersão de poluentes.

Os resultados das simulações de qualidade do ar realizadas com o modelo matemático nomeado WRF/Chem (Weather Research and Forecasting model coupled with Chemistry) – uma adaptação da ferramenta usada no The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) e no The National Center for Atmospheric Research (NCAR), dos Estados Unidos – estão disponíveis para consulta gratuita na página <http://lapat.iag.usp.br/>.

A plataforma foi aperfeiçoada no âmbito do Projeto Temático FAPESP “Narrowing the uncertainties on aerosol and climate changes in São Paulo State: NUANCE-SPS”, coordenado pela professora do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG/USP) Maria de Fátima Andrade.

“Um dos principais objetivos da plataforma é combinar a estimativa de concentração de poluentes com a previsão de possíveis impactos na saúde pública e o impacto de uso dos diferentes combustíveis para a qualidade do ar. A idéia é antecipar eventos de maior poluição que possam causar aumento na admissão em hospitais decorrente, por exemplo, de doenças respiratórias. Isso ajudaria no planejamento dos serviços de saúde”, disse Andrade.

Outra vantagem da ferramenta é permitir estimar a qualidade do ar em áreas da Região Metropolitana de São Paulo que não contam com estações de monitoramento da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), ressaltou Thiago Nogueira, bolsista FAPESP de pós-doutorado e membro da equipe do Projeto Temático.

“A Região Metropolitana de São Paulo tem 26 estações de monitoramento que registram as concentrações de poluentes e, com base em padrões legais e nas condições meteorológicas, informam se naquela região a qualidade do ar está boa ou ruim. Mas essas estações não conseguem medir de maneira tão representativa toda a região metropolitana, que é muito extensa”, disse Nogueira.

Uma terceira utilidade da ferramenta, de acordo com os pesquisadores, é a possibilidade de desenhar cenários futuros de concentração de poluentes

considerando fatores como mudanças climáticas, estimativas de desenvolvimento urbano e alteração no perfil e no tamanho da frota veicular. Isso poderia, por exemplo, ajudar a avaliar benefícios de políticas públicas que visam a estimular o uso de etanol, biodiesel e outros combustíveis considerados menos prejudiciais ao ambiente.

Levantamento de dados

A plataforma leva em conta a concentração de gases de efeito estufa e dos principais poluentes regulamentados, ou seja, aqueles que têm uma concentração máxima aceitável estabelecida por órgãos nacionais e internacionais, como Cetesb, Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA).

Entre os compostos medidos estão os óxidos de nitrogênio (NOx), o monóxido de carbono (CO) e alguns compostos precursores do ozônio troposférico, como hidrocarbonetos e aldeídos. Também foi avaliada a concentração de material particulado fino que, dependendo da composição, pode refletir ou absorver a radiação solar e ter diferentes impactos no clima e na saúde humana.

“As fontes de poluição podem ser classificadas em estacionárias, como as indústrias e residências, e em fontes móveis, representadas principalmente pelos veículos. No caso da Região Metropolitana de São Paulo, a principal fonte de poluição atmosférica é a emissão veicular”, afirmou Nogueira.

Segundo dados da Cetesb, contou o pesquisador, cerca de 72% do CO existente na atmosfera paulistana tem como fonte os veículos leves. As motos emitem outros 19% e os veículos pesados, como caminhões e ônibus, 6%.

No caso dos hidrocarbonetos, poluentes primários que reagem na atmosfera e formam ozônio, 60% vêm de veículos leves, 11% de motos e 6% de veículos pesados. Já 60% dos óxidos de nitrogênio, poluente também responsável pela formação de ozônio na atmosfera, são emitidos por veículos pesados, 19% pelos

veículos leves e 1% pelas motos.

Para determinar a quantidade de poluente emitido pelos veículos são realizados experimentos para a determinação dos chamados “fatores de emissão”, ou seja, a quantidade (em massa) de cada um dos poluentes emitida por cada tipo de veículo existente na frota da capital a cada quilômetro rodado.

Os experimentos envolvem medidas em túneis de tráfego de veículos e medidas em laboratório. Além disso, foram usadas para alimentar o modelo matemático as medições feitas rotineiramente pela CETESB em veículos novos para verificar se atendem aos padrões legais de emissão.

“No laboratório é avaliada uma amostra, composta de veículos usados de diferentes modelos e idades. Equipamentos são acoplados no escapamento do carro e é simulada uma condição real de uso. Nesses experimentos são medidas as emissões de veículos rodando com gasolinas de diferentes composições, com etanol, e de veículos movidos a diesel ou biodiesel”, explicou Nogueira.

Dois experimentos em túneis foram realizados em 2011: no Túnel Presidente Jânio Quadros, sob o rio Pinheiros, onde passam apenas veículos leves e motos, e em um dos túneis do Rodoanel Mário Covas, onde o fluxo é variado.

“Levamos grande parte do nosso laboratório para dentro dos túneis e, durante duas semanas, captamos amostras de ar e analisamos o que estava sendo emitido pelos veículos. Esse tipo de estratégia é interessante porque temos ali uma frota mais representativa do real, em condições reais de uso e não temos interferência de radiação solar e de outras fontes de emissão de poluentes”, explicou Nogueira.

Para complementar a coleta de dados, durante o projeto de mestrado de Ivan Hetem, foi medida a ressuspensão de poeira do solo decorrente da movimentação de veículos, fator que influencia na concentração de material particulado da atmosfera.

“Partindo dessas fontes, é possível calcular no modelo as concentrações ambientais de poluentes. Mas o fluxo de veículos varia de acordo com o tipo de via e isso precisa ser informado ao modelo. Para isso usamos informações da CET

[Companhia de Engenharia de Tráfego] e de mapas georreferenciados”, contou Andrade.

Ainda segundo Andrade, o grupo vem realizando análises para entender como os poluentes emitidos reagem na atmosfera em função de fatores como temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos.

“O objetivo é entender a química de formação desses poluentes na atmosfera, principalmente a do ozônio e a do material particulado fino, que têm um importante papel no balanço radioativo e impacto significativo na saúde”, disse Andrade.

A plataforma continua sendo aprimorada pelos pesquisadores e é diariamente comparada com as medições do ar atmosférico feitas por um conjunto de equipamentos alocados no IAG/USP. O grupo planeja ainda realizar uma nova campanha de medições em túneis para obter dados atualizados dos fatores de emissão veicular.

“As medidas feitas diariamente no IAG servem para validar as previsões do modelo e para alimentá-lo continuamente. Estamos acompanhando, por exemplo, o impacto das mudanças no perfil da frota de veículos pesados. Hoje já está disponível um diesel com menor teor de enxofre, o que permite aos veículos pesados utilizar um novo motor e catalisador. Mas até que haja renovação da frota serão necessários alguns anos”, contou Nogueira.

Segundo Andrade, o modelo matemático ajudará a alcançar um dos objetivos centrais do Projeto Temático, que é entender como a Região Metropolitana de São Paulo contribui como fonte de gases e partículas para as mudanças climáticas e, por outro lado, como o clima local e a formação de poluentes serão afetados pela elevação da temperatura e demais alterações meteorológicas associadas às mudanças climáticas.

Segundo a pesquisadora, as primeiras análises sugerem que, embora exista a tendência de queda na emissão de alguns poluentes, os níveis de ozônio devem continuar aumentando nos próximos anos por influência das mudanças climáticas.

“A diminuição da emissão dos precursores primários acaba sendo compensada pela mudança nos padrões de temperatura e umidade que favorecem as reações que formam o ozônio na atmosfera. As forçantes do clima têm uma influência significativa que podem impedir uma queda mais significativa nessa concentração, conforme mostrou a tese de doutorado de Caroline Mazzoli”, contou a pesquisadora.

Andrade destacou, para o desenvolvimento da ferramenta, a parceria com pesquisadores da Cetesb e de diversas instituições da USP, como a Faculdade de Medicina (FMUSP), o Instituto de Física (IF/USP), o Instituto de Química (IQ/USP), o Instituto de Botânica (IB), a Faculdade de Saúde Pública (FSP/USP), o Instituto de Geociências (IGc/USP), a Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH/USP) e o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen). Também colaboraram cientistas da Universidade Federal do ABC (UFABC), da Universidade Presbiteriana Mackenzie e da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

“Muitos resultados relevantes estão sendo obtidos a partir dessa colaboração. Alguns projetos estão ligados diretamente à melhoria da resolução e representação das emissões no modelo, como os projetos de tese de Angel Vela e Sergio Ibarra e as dissertações de mestrado de Mario Calderon e Camila Homann. Outros trabalhos dedicam-se ao conhecimento da composição e do comportamento dos constituintes atmosféricos, como nas teses de Pamela Dominutti, Beatriz Oyama, Marcelo Silva Viera-Filho e Carlos Oliveira”, ressaltou Andrade.

8. PROPOSTAS DE ATIVIDADES:

1) Problemas de transporte na comunidade (Adaptado de Consumo Sustentável: Manual de Educação, 2005):

Objetivos: Identificar e descrever os principais problemas de transporte da comunidade

Recursos: Papel e caneta

Descrição: Entrevistar alunos, funcionários e professores da escola, habitantes da comunidade e condutores de automóveis particulares, táxis e ônibus, além de passageiros em trânsito, perguntando:

- Quais os problemas mais importantes de transporte em nosso bairro?
- O que tem causado os problemas?
- Que soluções você sugere para resolver esses problemas?

2) Calculando o número de veículos da cidade (Adaptado de Consumo Sustentável: Manual de Educação, 2005):

Objetivos: Discutir a necessidade de automóveis

Recursos: Internet, entrevistas

Descrição: Pesquisar no site do DENATRAN a quantidade de automóveis de sua cidade há 10 anos, 5 anos e no presente. Elaborar uma curva descritiva e projetar o número de automóveis para daqui a 10 anos. Apresentar os resultados a algumas pessoas e perguntar-lhes:

- Quais problemas isso acarretaria para o meio ambiente e as pessoas?
- Por que razões as pessoas se empenham tanto em comprar automóveis?

3) Investigando o número de passageiros nos automóveis (Adaptado de Consumo Sustentável: Manual de Educação, 2005):

Objetivos: Discutir a importância de uso de transportes coletivos

Recursos: Rua movimentada

Descrição: Escolher uma rua perto da escola ou do centro. Os alunos devem observar os automóveis que passam e contar o número de passageiros que viajam em

cada um. Depois das observações, discutir se seria possível usar melhor os carros particulares, quantos ônibus passam ao mesmo tempo, se estão cheios, semivazios ou vazios.

4) Avaliando a qualidade ambiental do serviço de transporte coletivo da cidade (Adaptado de Consumo Sustentável: Manual de Educação, 2005):

Objetivos: Avaliar o grau de comprometimento das empresas com a redução de emissões de poluentes

Recursos: Empresa de transporte coletivo

Descrição: Entrevistar uma ou mais empresas de transporte, procurando saber:

- Que tipo de transporte coletivo é oferecido pela empresa?
- Que tipo de combustível utilizam?
- Os veículos têm catalisadores?
- A empresa realiza periodicamente controle de emissões de poluentes?
- Faz manutenção e revisão do catalisador do escapamento, do filtro de ar e do filtro de óleo?
- O que poderia ser feito para melhorar o transporte coletivo existente?
- Qual o sistema de transporte coletivo não prejudicial para o meio ambiente que poderia ser proposto?

9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABRANTES, R.; ASSUNÇÃO, J. V.; HIRAI, E. Y. Caracterização das emissões de aldeídos de veículos do ciclo diesel. Revista de Saúde Pública, v.39, n.3, São Paulo, June, 2005.

ALMANÇA, N. C. V.; COSTA, N. R.; BEZERRA, A. Y. W.; MIRAGLIA, S. G. K. Poluição atmosférica – Análise sobre as medidas de controle da poluição atmosférica e o sistema de informação do Parque do Ibirapuera. GEPROS - Gestão

da Produção, Operações e Sistemas, Ano 6, n. 2, Abr-Jun, 2011.

ALVIM, D. S.; GATTI, L. V.; SANTOS, M. H.; YAMAZAKI, A. Estudos dos compostos orgânicos voláteis precursores de ozônio na cidade de São Paulo. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.16, n.2, p. 189-196, abr/jun, 2011.

ARBEX, M. A.; SANTOS, U. P.; MARTINS, L. C.; SALDIVA, P. H. N. M.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F. A poluição do ar e o sistema respiratório. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v. 38, n. 5, p. 643-655, 2012.

BERNSTEIN, J. A.; ALÉXIS, N.; BACCHUS, H.; BERNSTEIN, I. L.; FRITZ, P.; HORNER, E. *et al.* The health effects of nonindustrial indoor air pollution. Journal of Allergy and Clinical Immunology, n.121, p. 585-91, 2008.

BOECHAT, J. L.; RIOS, J. L. Poluição de ambientes internos. Revista brasileira de Alergia e Imunopatologia, v. 34, n. 3, p. 83- 89, 2011.

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990.

CANÇADO, J.E.D.; BRAGA, A.; PEREIRA, L. A. A.; ARBEX, M.A.; SALDIVA, P. H. N.; SANTOS, U. P. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. Journal of Brazilian Pneumology, v. 32(Sup11): S5-S11, 2006.

COMETTO-MUÑIZ, J. E.; CAIN, W. S.; ABRAHAM, M. H. Detection of single and mixed VOCs by smell and by sensory irritation. Indoor Air, n.14, p.108-17. 2004.

Consumo Sustentável: Manual de Educação. Brasília: Consumers International/MMA/MEC/IDEC/2005.160 p. ISBN 85-87166-73-5.

FORNARO, A. Águas da chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil? REVISTA USP, São Paulo, n.70, p. 78-87, junho/agosto 2006.

HABERMANN, M.; MEDEIROS, A. P. P.; GOUVEIA, N. Tráfego veicular como método de avaliação da exposição à poluição atmosférica nas grandes metrópoles. Revista Brasileira de Epidemiologia, v.14, n.1, São Paulo, mar. 2011.

LEITE, A. A. O uso do biodiesel como alternativa aos combustíveis fósseis: uma análise da percepção em alunos do 9º ano da escola Municipal Domingos de Jesus Monteiro Guimarães. Trabalho de conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do grau de Licenciada em Biologia na Universidade de Brasília. Formosa, GO, 2012.

MENZIES,D.; BOURBEAU, J. Current concepts: building-related illnesses. New England Journal of Medicine, n. 337, v. 21, p. 1524-31, 1997.

OBERG, M.; JAAKKOLA, M. S.; WOODWARD, A.; PERUGA, A.; PRUSS-USTUN, A. World wide burden of disease from exposure to second-handsmoke: a retrospective analysis of data from 192 countries. Lancet, n. 377, v. 9760, p. 139-46, 2011.

PHILIPPI, A.; MALHEIROS, T. F. Controle da qualidade do ar. In: PHILIPPI, A. (org). **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005, p. 439-484.

QUEIROZ, P. G. M.; JACOMINO, V. M. F.; MENEZES, M. Â. B. B. Composição elementar do material particulado presente no aerossol atmosférico do município de sete lagoas, Minas Gerais. Química Nova, v. 30, n. 5, p. 1233-1239, 2007.

SCHIRMER, W. N.; PIAN, L. B.; SZYMANSKI, M. S. E.;GAUER, M. A. A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. Ciência e saúde coletiva, Rio de Janeiro, v.16, n.8, Aug. 2011.

SILVA, A. A. Medidas de radiação solar ultravioleta em Belo Horizonte e saúde pública. Revista Brasileira de Geofísica, v. 26, n. 4, 2008.

SILVA, D. H. Protocolos de Montreal e Kyoto: pontos em comum e diferenças fundamentais. Revista Brasileira de Política Internacional, v. 52, n. 2, p. 155-172, 2009.

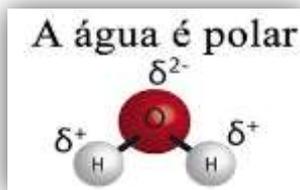
SOUZA, J. L.; PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. M. Potencial de sequestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases do efeito estufa. **Idesia** (Chile), enero-abril, v. 30, n. 1, p. 7-15, 2012.

TEIXEIRA, E. C.; FELTES, S.; SANTANA, E. R. R. Estudo das emissões de fontes móveis na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Química Nova, v.31, n.2, São Paulo, 2008.

CAPÍTULO 2- ÁGUA

Anelise Vicentini Kuss

Greice Hartwig Schwanke Peil



1. ÁGUA: ELEMENTO ESSENCIAL À VIDA

A água é recurso natural indispensável à vida. A água existente em nosso planeta é responsável pela manutenção da vida de toda biodiversidade que há na Terra. Por muito tempo a água foi considerada um recurso natural infinito, mas nos dias atuais sabe-se que a água é esgotável, devido a ações antrópicas (MERTEN; MINELLA, 2002).

Constituindo uma das substâncias mais abundantes em nosso planeta, a água cobre aproximadamente 75% da superfície terrestre. Porém, cerca de 2,5% deste volume é de água doce, que em sua maioria encontra-se na forma de geleiras, neve, vapor atmosférico, restando apenas 0,3% de água para utilização do homem (SETTI *et al.* 2001).

A água na natureza pode ser encontrada em diferentes estados físicos: sólido, líquido e gasoso. A forma líquida pode manter-se em uma grande amplitude de temperaturas, sendo menos densa quando congelada do que na fase líquida. O aquecimento da água requer uma grande quantidade de energia, porém ela retém o calor de forma eficiente (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2010).

ÁGUA: um elemento formado por dois átomos de hidrogênio ligado a um átomo de oxigênio, que apresentam polaridades distintas. Essa estrutura dipolar é que confere à água as propriedades de atração e dissolução de uma diversidade de substâncias.

A água tem a capacidade de dissolver uma grande variedade de substâncias químicas que constituem as células vivas, como sais minerais, proteínas, carboidratos, gases, ácidos nucleicos e aminoácidos. Devido a essa propriedade, ela é denominada solvente universal.

Semelhante ao nosso planeta, o corpo humano também apresenta grande quantidade de água, 70% de água, o que garante a nossa sobrevivência. A água é indispensável no transporte de alimentos, oxigênio e sais minerais, nos processos de digestão, secreção e excreção, além de participar da respiração, circulação e reações enzimáticas do metabolismo, também atua na regulação da temperatura corporal. As plantas também necessitam de água para sobreviver, pois boa parte de seus órgãos contém água. A partir da absorção pelas raízes, a água é transportada até as folhas, que realizam o processo de fotossíntese liberando o oxigênio para a atmosfera (MARODIN; BARBA; MORAIS, 2004).



Figura 1 – Riacho no município de Pelotas/RS.

Sem água o ser humano não sobrevive por mais de três dias. Sem alimento pode resistir até 40 dias. Visto que a água é essencial, devemos ingeri-la com frequência, a fim de manter as reações fisiológicas e a hidratação do nosso organismo. O recomendado é ingerir cerca de 1,5 a 2 litros de líquidos, em pequenas quantidades ao longo do dia. Ingerir maiores quantidades de líquidos, quando há presença de: sede, urina com cor intensa e com cheiro, sentir cansaço, dor de cabeça e problemas de concentração e atenção. Também deve-se aumentar a ingestão de líquidos nos seguintes casos:

- Atividade física que leva ao corpo transpirar;
- Temperatura elevada do ambiente e altitude elevada;
- Situações de doença que ocasionam febre, vômitos ou diarreia;
- Gravidez e aleitamento.

A hidratação não se refere somente à ingestão de água, pode-se atribuir outras bebidas como leite, chá, infusões, refrigerantes, sucos, entre outros. Além disso, alimentos ricos em água como sopas, saladas e uma diversidade de frutas, também podem auxiliar na manutenção dos níveis de

água no nosso organismo. Não esquecendo de que, a alimentação deve ser saudável e atender as exigências particulares de cada indivíduo (ÉVORA *et al.*,1999).

2. CICLO HIDROLÓGICO

A existência de diferentes estados físicos da água reflete na sua mudança de um estado para outro, e esta sequência de fenômenos, pelos quais a água passa, leva ao seu deslocamento contínuo entre o globo terrestre e a atmosfera, formando um ciclo, chamado ciclo hidrológico ou ciclo da água. Diversos nutrientes são transportados por longas distâncias pelos ventos e correntes de água.

Os oceanos correspondem a principal fonte de água no ciclo hidrológico. Parte dessa água oceânica, bem como de mares, lagos e rios, evapora para a atmosfera, e os ventos dispersam essa água sobre a superfície na forma de precipitação (chuva), quando ela retorna a Terra. Na Terra, a água pode, por determinado período, permanecer em solos e lagos, e posteriormente, retornar ao ambiente marinho, através de processos de evaporação e transpiração no solo ou pelo fluxo líquido por canais, rios e aquíferos subterrâneos (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2010). Na terra ocorre a absorção dessa água, a partir da sua absorção pelas raízes das plantas e através da infiltração que leva aos lençóis freáticos.

Apenas uma pequena quantidade de água sofre deslocamento, ou seja, a água que atravessa o solo, aquela que flui nos rios e a que se encontra nas nuvens e no vapor presente na atmosfera, corresponde a 0,08% do total. Esta pequena quantidade é muito importante para sobrevivência dos organismos vivos e para produção da comunidade, pois muitas substâncias químicas são levadas pela água (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2010).

O ciclo da água vem sendo alterado a partir de diversas atividades

antrópicas, gerando impactos negativos à natureza e ao próprio homem (TUNDISI; TUNDISI, 2010). Segundo Santana e Freitas (2012) entre as atividades prejudiciais à água se enquadram a ocupação de mananciais e retirada de matas ciliares, que podem alterar o ciclo hidrológico; a contaminação do solo e da própria água, impermeabilização do solo em locais urbanos, escoamento inadequado de águas pluviais, assoreamento e erosão, bem como o processo de desmatamento. A água está em constante renovação, portanto é crucial evitar a poluição e o desperdício.



Figura 2 – Cataratas do Iguazu.

3. USO E QUALIDADE DA ÁGUA

A água é essencial para o desenvolvimento de diversas atividades realizadas pelos seres humanos, garantindo a sua sobrevivência. A Organização das Nações Unidas instituiu o Dia Mundial da Água, em 22 de março de 1992, através da publicação da Declaração Universal dos Direitos da Água. Esta declaração foi elaborada com a finalidade de alcançar os seres humanos de todas as nações, para que possam, por meio de um esforço conjunto, promover o respeito aos direitos e deveres descritos no documento. O primeiro direito apresentado na Declaração, diz respeito ao direito à vida, à liberdade e à segurança das pessoas, que somente são

possíveis se houver acesso à água limpa e potável (CIRANDA DAS ÁGUAS).

Declaração Universal dos Direitos da Água

22 de março de 1992 - Organização das Nações Unidas

Fonte: Ciranda das Águas

A água faz parte do patrimônio do planeta. Cada continente, cada povo, cada nação, cada região, cada cidade, cada cidadão é plenamente responsável aos olhos de todos.

A água é a seiva de nosso planeta. Ela é condição essencial de vida de todo vegetal, animal ou ser humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura.

Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, a água deve ser manipulada com racionalidade, precaução e parcimônia.

O equilíbrio e o futuro de nosso planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos. Estes devem permanecer intactos e funcionando normalmente para garantir a continuidade da vida sobre a Terra. Esse equilíbrio depende, em particular, da preservação dos mares e oceanos, por onde os ciclos começam.

A água não é somente herança de nossos predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como a obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras.

A água não é uma doação gratuita da natureza; ela tem um valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e

pode muito bem escassear em qualquer região do mundo.

A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis.

A utilização da água implica em respeito à lei. Sua proteção constitui uma obrigação jurídica para todo homem ou grupo social que a utiliza. Essa questão não deve ser ignorada nem pelo homem nem pelo Estado.

A gestão da água impõe um equilíbrio entre os imperativos de sua proteção, e o planejamento da gestão da água deve levar em conta a solidariedade e o consenso em razão de sua distribuição desigual sobre a Terra.

A escassez de água potável no mundo tem origem em atividades antrópicas. Entre os processos que contribuem com a diminuição no Planeta estão: o crescimento populacional mundial, o aumento da área urbana, a industrialização, a agricultura e a pecuária intensiva, o aumento do consumo de água, e ainda a poluição desenfreada dos recursos hídricos (BACCI; PATACA, 2008).

O Brasil possui 12% da água doce superficial disponível do planeta. No País, os dados referentes ao consumo de água, emissão de gases de efeito estufa e produção de lixo, estão dentro dos limites aceitáveis no que diz respeito aos padrões globais, no entanto os valores satisfatórios se devem à desigualdade social e econômica. O consumo doméstico de água no País é, em média, 150 litros per capita/dia, mas nos grandes centros urbanos os valores atingem 250 a 400 litros diários. O recomendado pela ONU são apenas 110 litros (BRASIL, 2012).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), 840 mil litros de água/segundo são retirados dos rios e do subsolo no Brasil. Ao dividir essa quantidade pela população de 188,7 milhões, cada habitante teria um consumo, em média, de 384 litros/dia, sendo que 40% dessa água é utilizada de forma inadequada, ou seja, é desperdiçada (BRASIL, 2012).

Entre as atividades econômicas, a agricultura consome de 70% a 80% da água potável do Planeta. No Brasil, os dados da ANA mostram que, de 840 mil litros/segundo retirados dos mananciais, 69% é utilizado na irrigação, 11% para o consumo em área urbana, 11% para o consumo animal, 7% para as indústrias e 2% para a população rural. O maior desperdício de água ocorre na produção de alimentos, por exemplo, o processo de irrigação pode atingir 50% de desperdício de água, devido a utilização de pulverização aérea, onde a água evaporada é carregada pelo vento (BRASIL, 2012).



Figura 3 – Açude no interior de Pelotas/RS, destinado à piscicultura.

Há uma grande necessidade de desenvolver uma consciência ambientalista, a fim de minimizar os diversos problemas da água. A humanidade nos dias atuais necessita mudar suas concepções e adquirir uma nova cultura referente à utilização da água, para que possa assegurar seu

bem-estar e sua sobrevivência (MORAES; JORDÃO, 2002).

No ano de 1999, a Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde, através da Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental (CGVAM), iniciou a implantação do Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua). O Vigiagua determina algumas ações e estratégias para a vigilância da qualidade da água, em âmbito federal, estadual e municipal, atendendo os princípios que orientam o Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil (BRASIL, 2012).

Em 2011, a Resolução ANA nº 724 aprovou o “Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos”, que serve de referencial técnico para uniformizar os procedimentos de coleta e preservação de amostras de águas superficiais destinadas a avaliação de qualidade dos recursos hídricos no Brasil.

Outra ação importante foi a Resolução Conjunta ANEEL-ANA nº 3, de 10 de agosto de 2010, que determinou as condições e os procedimentos a serem observados pelos concessionários e autorizados de geração de energia hidrelétrica para a instalação, operação e manutenção de estações hidrométricas. Na resolução, os parâmetros a serem seguidos são referentes a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total, Nitrogênio Total, Clorofila-a, Transparência, pH e Temperatura (BRASIL, 2012).

A qualidade da água relaciona-se diretamente com o uso dessa água. Por exemplo, a qualidade da água utilizada no setor industrial pode estar inadequada ao consumo humano. A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A Portaria apresenta os valores máximos permitidos para as características microbiológicas, organolépticas, físicas e químicas, bem como as

responsabilidades referentes ao controle e vigilância da qualidade da água. A água potável é definida como: “água apropriada para o consumo humano e cujos indicadores biológicos, microbiológicos, físicos, químicos e radioativos, atendem ao padrão de potabilidade, sem oferecer riscos à saúde”, portanto, quanto ao padrão microbiológico, amostras de 100mL de água devem estar isentas de bactérias pertencentes ao grupo de coliformes totais e coliformes termotolerantes.

Segundo Brasil (2012), não existe um programa próprio para realizar o monitoramento referente à inspeção de agrotóxicos nos ambientes aquáticos. Sendo assim, ainda faltam ações nesta área de monitoramento das águas, sendo necessário aumentar o número de pontos de monitoramento, padronizar protocolos e integrar as informações de qualidade das águas. Também é fundamental aprimorar os conhecimentos para utilização de novos indicadores, entre eles, os bioindicadores e os ensaios ecotoxicológicos, ambos apresentados na Resolução do Conama nº 357/2005.

Bioindicadores são organismos ou comunidades aquáticas (peixes, algas, larvas de insetos), utilizados para complementar os métodos tradicionais de avaliação. Através desse tipo de avaliação, pode-se inferir algum efeito sobre os ecossistemas e observar impactos em longo prazo. Os ensaios ecotoxicológicos consistem na avaliação para determinar o potencial tóxico de um agente químico ou de uma mistura complexa sobre os organismos vivos no local. São eficientes no controle de qualidade de lançamento de efluentes e análise, em busca da proteção e preservação dos organismos aquáticos (BRASIL, 2012).



Figura 4 – Balneário dos Prazeres, Pelotas / RS.

As redes estaduais de monitoramento da qualidade das águas superficiais no Brasil surgiram em 1970. A fim de ampliar o conhecimento sobre as águas e integrar o monitoramento no país, em 2010 a ANA criou o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA). O PNQA realiza a divulgação de informações sobre a situação da qualidade das águas no País, através do Portal da Qualidade das Águas, cujos dados são provenientes do monitoramento de qualidade de água realizado pela ANA e por outros órgãos estaduais de meio ambiente e de recursos hídricos. Diversos indicadores de qualidade das águas são utilizados, porque não existe um único indicador que atenda diferentes variáveis de qualidade da água. Os indicadores apresentam especificidade à forma de utilização da água, entre eles, abastecimento doméstico, preservação de organismos aquáticos e balneabilidade (BRASIL, 2012).

Segundo o Portal da Qualidade das águas e Brasil (2012), dentre os indicadores de qualidade estão:

- Índice de Qualidade das Águas (IQA): considera valores de: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais;

- Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP);
- Índice do Estado Trófico (IET);
- Índice de Contaminação Por Tóxicos;
- Índice de Balneabilidade;
- Índice de Proteção a Vida Aquática;
- Índice de Qualidade de Água em Reservatórios (IQAR);
- Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE);
- Índice de Poluição Orgânica (IPO).

Outro assunto de extrema relevância é a escassez de água de boa qualidade, visto que a qualidade das águas está diretamente relacionada com a saúde das populações. Dados da Organização das Nações Unidas apontam que uma das consequências da falta de água potável de boa qualidade se refere à saúde dos seres humanos em países pobres ou regiões pobres dos países ricos, atingindo um percentual de 50% de causas de doenças e mortes (CIRANDA DAS ÁGUAS).

Início do século XXI: água contaminada é a segunda maior causadora de mortes em crianças em todo o mundo. Diversas doenças são originadas ou carreadas através da água, dentre elas: cólera, esquistossomose, hepatite A, giardíase, amebíase, leptospirose, dengue, febre amarela e malária.

A ocorrência de doenças, associada à falta de água e de saneamento, diminuem a produtividade, prejudicam o crescimento econômico, levando a situações de desigualdade e mantêm comunidades em situação de pobreza. Regiões com alta densidade demográfica geralmente não apresentam proteção dos recursos hídricos, e os dejetos humanos e/ou de animais são, muitas vezes, depositados nas margens dos cursos d'água ou em terrenos, o que resulta na disseminação de organismos patogênicos no ambiente (SANTOS et al., 2013).

Os agentes biológicos de maior importância são as bactérias, protozoários, vírus e os helmintos, provenientes principalmente de contaminação fecal humana e animal, em águas destinadas ao consumo. Os riscos à saúde podem estar associados a ingestão de água contaminada por agentes biológicos, através de contato direto ou por meio de insetos vetores que requerem a água em seu ciclo biológico, e aos riscos oriundos de poluentes químicos e também de efluentes de esgotos industriais (D'AGUILA *et al.*, 2000).

4. INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE ÁGUA

Os microrganismos patogênicos veiculados pela água em geral, são de diagnóstico tardio, difícil crescimento, difícil isolamento, baixa população. Por isso, é necessário utilizar outros micro-organismos para avaliar sua presença- os microrganismos indicadores – que estão presentes em fezes humanas e animais, e indicam que outros microrganismos podem estar presentes.

As características de um microrganismo indicador são:

- Presente em água poluída e ausente em água potável;
- Presente na ausência de patogênicos;
- Número correlacionado com o índice de poluição;
- Sobrevive mais tempo na água que os patogênicos;
- Propriedades estáveis e uniformes;
- Baixa patogenicidade;
- Identificação fácil, por métodos simples.

Há vários micro-organismos que podem ser úteis como indicadores de qualidade da água, como coliformes, enterococos, clostrídios, estafilococos entre outros. Mas os coliformes e coliformes termotolerantes são considerados os melhores indicadores, devido à fácil e rápida avaliação

de sua presença em amostras de água (YAMAGUCHI *et al.*, 2013).

5. POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Segundo a Agência Nacional de Águas, entre os principais fatores que alteram os recursos hídricos do país, nos ambientes urbanos, está a geração do esgoto doméstico, devido à falta de redes coletoras e de tratamento, ou pelo tratamento ineficaz, resultando na degradação da qualidade das águas. O índice médio de coleta de esgotos no Brasil atinge 69,7%, e o seu tratamento chega apenas a 25%, sendo que esses valores diferem muito quando analisados e comparados entre determinadas regiões do país (CIRANDA DAS ÁGUAS). Do esgoto tratado no Brasil, apenas 10% recebe tratamento para remoção de fósforo, principal elemento responsável pela ocorrência do processo de eutrofização em ambientes aquáticos.

Ainda contribuem para a deterioração da qualidade da água, o setor industrial, principalmente de pequeno porte (condições econômicas limitadas), o destino inadequado de resíduos sólidos, a deposição de água poluída na superfície do solo, o desmatamento e o manejo inadequado do solo (sedimentos que podem ter alguma associação com fertilizantes e agrotóxicos são levados a ambientes aquáticos), o uso de fertilizantes, o uso de agrotóxicos e a disposição das embalagens, entre outros (MORAES & JORDÃO, 2002).

A importância da água não reflete somente na natureza, mas também na saúde pública, economia e qualidade de vida dos seres humanos (SOUZA *et al.*, 2014). Segundo Townsend, Begon e Harper (2010), a qualidade da água interfere:

- No equilíbrio dos ecossistemas, afetando a conservação dos seres vivos;

- Na dissolução das substâncias presentes nos efluentes, bem como no aumento dos custos de tratamento de água;
- Na saúde pública, levando a uma diversidade de doenças, devido a má qualidade ou a falta de água para as necessidades básicas do homem;
- No desenvolvimento socioeconômico, ocasionando prejuízos em diversas atividades como recreação, pesca, turismo e paisagismo;
- No desenvolvimento das indústrias, através da intervenção na geração de energia elétrica, no processo de refrigeração de máquinas, na produção e distribuição de alimentos;
- No desenvolvimento da agricultura e pecuária, afetando a produção de alimentos, visto que a água é essencial para sobrevivência das plantas e animais.

Quanto à legislação no país, várias normativas foram publicadas em relação à qualidade das águas. Entre elas destaca-se a Lei das águas, nº 9.433/1997, a fim de assegurar a disponibilidade de água nos padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, e a Lei, nº 9.605/1998 referente a Crimes Ambientais, que estabeleceu sanções penais e administrativas em relação à poluição dos corpos d'água. A gestão da qualidade das águas superficiais é estabelecida por Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Algumas resoluções estabelecidas por ambos os conselhos se relacionam direta ou indiretamente referente a qualidade das águas, como as que descrevem critérios para a outorga de lançamento de efluentes que tratam de diluição em corpos d'água superficiais, monitoramento, reuso de água, bem como do licenciamento de atividades poluidoras (BRASIL, 2012).

A Resolução do Conama nº 357/2005 estabeleceu a classificação dos

corpos d'água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento. No ano de 2011, esta resolução passou por alterações e complementações pela Resolução nº 430/2011, quanto às condições e aos padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água. Os critérios e padrões de balneabilidade (recreação de contato primário) de águas doce, salobras e salinas também são estabelecidos pelo Conama na Resolução nº 430/2011. Quanto ao emprego de fósforo em detergentes em pó para o uso no mercado nacional, as diretrizes constam na Resolução Conama nº 359/2005, a fim de reduzir a quantidade de fósforo lançado nos corpos d'água.

Com relação ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos, pode-se destacar a Resolução nº 16/2001, que aborda critérios para a outorga de direito de uso de recursos hídricos, e a Resolução nº 91/2008, que estabelece os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos. Quanto à questão de saneamento, a Lei nº 11.445/2007 apresenta as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico no País. Ela descreve os princípios fundamentais, a fim de que o saneamento básico possa existir de forma universal e a prestação dos serviços seja adequada à saúde pública, à proteção do meio ambiente e a eficiência e sustentabilidade econômica. Na Lei é determinado que o órgão ambiental deve estabelecer metas para que a qualidade dos efluentes de unidades de tratamento de esgotos sanitários atenda aos padrões das classes dos corpos hídricos em que forem lançados, e institui que o licenciamento ambiental de unidades de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes gerados nos processos de tratamento de água avaliará etapas de eficiência, a fim de atingir os padrões exigidos pela legislação ambiental (BRASIL, 2012).

6. USO RACIONAL DA ÁGUA

O uso racional da água envolve mudança nos hábitos pessoais do dia-

a-dia, o desenvolvimento de tecnologias para utilização de equipamentos que consumam uma menor quantidade de água e a inclusão deste assunto para discussão no currículo escolar. Além do racionamento de água, deve haver uma reflexão sobre a geração de resíduos e poluentes, que de alguma forma afetam a qualidade dos mananciais. Ao pensar na utilização da água, deve-se identificar a oferta deste recurso, e então repensar e demarcar as prioridades e de que como usá-la, a fim de assegurar a quantidade e qualidade da água, na “devolução à natureza” (SANTO Jr. *et al.*, 2013).

Deve-se buscar a cada dia a conscientização para obter resultados positivos contra o desperdício de água doce. Veja as medidas simples que podemos adotar:

- Fechar bem as torneiras;
- Fechar a torneira, ao escovar os dentes;
- Tomar banhos mais curtos;
- Atentar aos desperdícios nos processos de limpeza- não gastar água lavando carros e calçadas;
- Juntar uma boa quantidade de roupas antes de colocá-las na máquina de lavar;
- Evitar a troca constante de água em piscinas, utilizando procedimentos de tratamento da água;
- Acabar com os vazamentos em canos residenciais;
- Comunicar a empresa de água responsável ou a prefeitura, em caso de vazamento de água nas ruas;
- Não jogar óleo de cozinha no encanamento, para evitar a contaminação das águas;
- Reutilizar água para diversas utilidades;
- Reciclar e destinar adequadamente os resíduos gerados nas atividades de limpeza;
- Diminuir o uso de substâncias poluentes, inclusive as tóxicas;

- Utilizar produtos químicos conforme orientações e especificações do rótulo;
- Dar preferência a produtos químicos com propriedades menos agressivas ao ambiente e biodegradáveis.

Mudança climática pode agravar crise hídrica nos centros urbanos

Por Karina Toledo

29/05/2014

Fonte: Extraído na íntegra de Agência FAPESP

<http://agencia.fapesp.br/19181.html> 2/2

Agência FAPESP – Eventos climáticos extremos, como estiagens prolongadas, fortes tempestades e ondas de calor ou frio intenso, devem se tornar mais frequentes à medida que a temperatura do planeta se eleva – o que poderá impactar a disponibilidade dos recursos hídricos disponíveis nos grandes centros urbanos brasileiros.

A avaliação foi feita pelo pesquisador Humberto Ribeiro da Rocha, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG/USP), durante palestra apresentada no terceiro encontro do Ciclo de Conferências 2014 do programa BIOTA-FAPESP Educação, realizado no dia 24 de abril, em São Paulo.

De acordo com Rocha, a oferta de água no Brasil é – na média – muito maior do que a demanda. Com uma vazão de 5.660 quilômetros cúbicos de água por ano (km^3/a), os rios brasileiros concentram cerca de 12% da disponibilidade hídrica mundial. A população consome em torno de $74 \text{ km}^3/\text{a}$ – menos de 2% da quantidade ofertada. Mas, como os recursos

hídricos estão desigualmente distribuídos, há regiões com problemas de desabastecimento.

“Cerca de 80% dos recursos hídricos estão concentrados na Bacia Amazônica, enquanto há regiões com muito pouco, como o sertão nordestino, onde só é possível sobreviver graças aos grandes açudes”, afirmou.

Enquanto no Nordeste e no norte de Minas Gerais a falta de chuva é a principal causa da escassez hídrica, acrescentou o pesquisador, nos grandes centros urbanos como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre e Goiânia o problema é o adensamento populacional.

“Há uma grande dificuldade de consolidar sistemas de abastecimento que acompanhem o crescimento populacional e a demanda dos setores industrial e agrícola. Todos trabalham no limite e, quando há um evento climático extremo como a estiagem que afetou São Paulo no último verão, o abastecimento entra em crise”, avaliou.

Embora em escala global seja estimado um aumento de 10% no volume de chuvas com o aquecimento global, resultante principalmente da maior evaporação do oceano, determinadas regiões poderão sofrer com estiagem.

“A redistribuição de calor no oceano pode formar piscinas quentes e frias – o que distorce o regime de chuvas no continente. Pode passar a chover mais em certas regiões e menos em outras”, afirmou Rocha.

De acordo com o pesquisador, o veranico (altas temperaturas e escassez de chuvas) que afetou São Paulo no início de 2014 foi causado pela formação de uma piscina de água quente na região tropical do Atlântico. “Por algum motivo, as frentes frias que costumam esfriar a água do oceano não chegaram. A piscina foi se aquecendo cada vez mais e bloqueando a entrada de novas frentes frias. A temperatura do oceano é um fator de

grande impacto no regime de chuvas do continente”, disse.

7. PROPOSTAS DE ATIVIDADES:

1) Conhecendo bacia hidrográfica de minha região (Bacci& Pataca, 2008):

Objetivos: Conhecer a bacia hidrográfica da região, relacionando sua geografia e cuidados com as questões ambientais.

Recursos: Transporte, mapeamento de locais importantes a serem visitados.

Descrição: a bacia hidrográfica permite dirigir atividades para compreender a história da água no planeta, a origem da água da região, o ciclo hidrológico, os aquíferos, a relação precipitação-vazão, usos múltiplos, ocupação de áreas de mananciais, riscos geológicos, poluição, contaminação e gestão dos recursos hídricos. Faça um passeio na margem de um rio que corta a região, com observações e discussões sobre as condições físicas e ambientais, as condições socioeconômicas dos moradores, a qualidade da água, seus usos.

2) Analisando meu consumo de água:

Objetivos: analisar o consumo familiar de água e definir propostas de ajustes

Recursos: contas de água

Descrição: cada aluno deverá ter uma conta de água da sua residência e calcular o consumo médio de água por pessoa da residência, e situar esse consumo nas faixas descritas no texto do início da atividade. Este endereço eletrônico contém dicas para o cálculo solicitado: <http://www.usp.br/qambiental/tratamentoAguaExperimento.html>.

3) Qualidade da água que bebo (Consumo Sustentável: Manual de Educação, 2005):

Objetivos: Avaliar a qualidade da água de abastecimento e sua origem.

Recursos: Estação de tratamento de água, manancial reservatório de água.

Descrição: Visitar a estação de tratamento e o reservatório de água. Discutir as seguintes questões:

- De onde vem a água utilizada no bairro ou cidade onde você mora?
- Existe algum tipo de tratamento dessa água antes de sua distribuição para a população? Que tratamento? Quem faz?
- São feitas análises periódicas da qualidade da água distribuída? Quem faz? Quais são os resultados dessas análises?
- Existem casos de contaminação da água por agrotóxicos, lixo, e metais pesados na sua cidade?
- Por que se utiliza cloro na água distribuída para a população? Como é feita a dosagem da cloração da água de modo que a quantidade de cloro seja suficiente, mas não excessiva?

4) A água em minha casa (Consumo Sustentável: Manual de Educação, 2005):

Objetivos: Avaliar as condições de armazenamento de água na casa do aluno.

Recursos: Habitação do próprio aluno.

Descrição: observar as seguintes questões:

- Onde a água potável é armazenada em sua casa?
- Qual a situação da caixa d'água de sua casa? Está limpa e devidamente fechada?
- Caso existam poços ou cisternas, os mesmos possuem tampa? A água dessas fontes é boa para beber (potável)?
- Que medidas podem ser tomadas para garantir a qualidade da água consumida por você e por sua família?

5) Detergentes e produtos de limpeza (Consumo Sustentável: Manual de Educação, 2005)

Objetivos: Identificar os detergentes produtos de limpeza mais utilizados e avaliar seus compostos quanto aos danos ambientais.

Recursos: Habitação do próprio aluno.

Descrição: o aluno deve listar os detergentes e produtos de limpeza doméstica utilizados em suas próprias casas. Em seguida, elabora-se uma lista dos produtos mais utilizados pelas famílias da turma. Nesse momento, convém estudar a composição química descrita na etiqueta ou embalagem, e os alunos pesquisam:

- Os componentes químicos presentes no produto são biodegradáveis? Ou seja, a natureza é capaz de degradar esses produtos? Em quanto tempo?
- Que efeitos esses componentes podem produzir no meio ambiente?
- Se o produto contém, por exemplo, cloro, tem-se pensado em substituir esse componente por outro que não danifique o ambiente? Informações sobre este tema podem ser encontradas no site do Ministério do Meio Ambiente, no Serviço Nacional do Consumidor (organismo estatal) e nas

organizações de defesa do consumidor. Sítios para pesquisa: www.mma.gov.br e www.ambientebrasil.com.br. No final da pesquisa, os alunos podem apresentar a seus colegas de curso as informações obtidas e suas conclusões. Depois, deverão definir a forma de difundir os resultados de suas pesquisas para a comunidade.

- 6) Para ver mais propostas de atividades, acessar WWF – Cadernos de educação Ambiental – Livro das águas e Cadernos de educação Ambiental – Guia de atividades. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/informacoes/bliblioteca/index.cfm?uNewsID=2986>

8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BACCI, D. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. Estudos Avançados, n. 22, v. 63, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília: ANA, 2012. 264p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. 18 mar.2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da União**.13 mai.2011.

BRASIL. Portaria nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**. 12 dez. 2011.

BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2., 2004, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS. 2004. p. 1-7. Disponível em: <<http://www.ufmg.br/congrent/Educa/WORD/Educa62a.doc>>. Acesso em: 30jul. 2014.

CIRANDA DAS ÁGUAS. Itaipu Binacional; Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente (SRHU/MMA); Instituto Ecoar para Cidadania, 2000, 80p.

D' AGUILA, P. S.; ROQUE, O. C. C.; MIRANDA, C. A. S.; FERREIRA, A. P. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. **Caderno de Saúde Pública**, v.16, n.3, p.791-798, 2000.

ÉVORA, P. R. B.; REIS, C. L.; FERREZ, M. A.; CONTE, D. A.; GARCIA, L. V. Distúrbios do equilíbrio hidroeletrólítico e do equilíbrio acidobásico: uma revisão prática. *Medicina, Ribeirão Preto*, 32: 451-469, out./dez. 1999.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. Porto Alegre, v.3, n.4, 2002.

MORAES, D.S.L.; JORDÃO, B.Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**.v.36, n.3, p. 370-374,2002.

PARTEKA, L. A.; SILVA, E. N.; SERVILHERI, J. G.; PEREIRA, V.; OLIVEIRA, A. A. P.; AFFONSO, I. P. Mudanças climáticas na atualidade – discutindo o aquecimento global. **SaBios: Revista de Saúde e Biologia**, v.8, n.3, p.98-108, 2013.

PHILIPPI Jr., A; MARTINS, G. Águas de Abastecimento. In: PHILIPPI Jr., A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Manole, 2005.p.117-180.

PROGRAMA MELHORIA DO GASTO PÚBLICO. **Manual de orientação para o uso racional da água**. São Paulo, 2014, 7p.

SANTANA, A. C. FREITAS, D. A. F. Educação ambiental para a conscientização quanto ao uso da água. *Revista eletrônica Mestrado em Educação Ambiental*, v.28, p.179-188, 2012. Disponível em: <http://repositorio.furg.br:8080/handle/1/3817>. Acesso em: 31 jul. 2014.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; BARROS JÚNIOR, G.; SANTOS, J. K. L.; BRITO, E. T. F. S. Uso racional da água: ações interdisciplinares em escola rural do semiárido brasileiro. *Ambi-Agua*, v.8, n.1, p.263-271, 2013.

SANTOS, I. R.; OTONI, J. P. Impactos de mudanças climáticas nos recursos hídricos. In: II SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS: Possibilidades e Desafios Socioambientais na Amazônia, 2013. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v.2, n.1, p.147-155, 2013.

SANTOS, J. O.; SANTOS, R. M. S.; GOMES, M. A. D.; MIRANDA, R. C.; NÓBREGA, I. G. M. A qualidade da água para o consumo humano: Uma discussão necessária. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v.7, n.2, p.19-26, 2013.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2001. 207 p. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/livro_Introd-Gerenc-Rec-Hidr.pdf>. Acesso em: 30jul. 2014.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. *Fundamentos em Ecologia*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 576p.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas: interfaces no gerenciamento. In: PHILIPPI Jr., A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Manole, 2005. p. 375-411.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, p.67-75, 2010.

YAMAGUCHI, M. U.; CORTEZ, L.E.R.; OTTONI, L.C. C.; OYAMA, J. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. *O Mundo da Saúde*, São Paulo, n. 37(3), p. 312-320, 2013.

CAPÍTULO 2-ÁGUA

CAPÍTULO 3 - SOLO

Anelise Vicentini Kuss

Andrés Felipe Gil Rave



“A fina camada de solo que forma uma cobertura remendada por sobre os continentes controla nossa existência e a de todos os outros animais terrestres. Sem o solo, as plantas terrestres, como as conhecemos, não cresceriam, e sem plantas, nenhum animal conseguiria sobreviver.” Raquel Carson, Silent Spring, 1962.

O solo forma uma delgada camada na superfície terrestre, interferindo em nossa existência e de todos os animais e plantas terrestres. É um componente essencial do ecossistema terrestre, pois sem solo as plantas que conhecemos não existiriam, e sem estas, nenhum animal terrestre poderia sobreviver.

O solo é resultado de uma ação integrada entre natureza e seres vivos, que ocorreu há muito tempo. No início da história do Planeta, vulcões lançavam rios de lava que esfriavam e formavam rochas. Águas corriam sobre esse material, desgastando e fragmentando as rochas, onde líquens se instalavam e continuavam o desgaste. Alterações severas de temperatura,

aliados à produção de ácidos pelos líquens, continuavam a fragmentação das rochas. Pouco a pouco, o solo foi se formando, musgos crescendo e micro-organismos e pequenos animais foram se instalando (CARSON, 2010).

É no solo que as plantas crescem e disseminam suas sementes, fornecendo ar, água e nutrientes para que as plantas realizem seus processos metabólicos. O solo regula a distribuição, escoamento e infiltração de água da chuva, filtrando-a. Como recurso natural dinâmico, o solo é susceptível à degradação quando utilizado de forma inadequada, e por isso é importante estudá-lo. Ao compreendermos a função do solo na natureza e sua importância para o homem, podemos contribuir para sua proteção e conservação.

Segundo Muggler *et al.*, (2006), devemos buscar uma "consciência pedológica", para formar uma concepção firmada na sustentabilidade ao avaliar a relação homem-natureza. A Educação em Solos busca trazer mostrar a importância do solo para a vida humana, e apontar para a necessidade da sua conservação, uso e ocupação sustentáveis.

A data de 15 de abril é o Dia Nacional da Conservação do Solo, e foi escolhido em homenagem ao americano Hugh Hammond Bennett, que é considerado o pai da conservação dos solos nos Estados Unidos e a primeira pessoa responsável pelo Serviço de Conservação de Solos daquele país. A data foi instituída aqui no Brasil pela Lei 7.876 em 13 de novembro de 1989, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), com o objetivo de debater sobre a necessidade de seu uso e manejo sustentáveis do solo para manutenção da produção agropecuária.

1. O QUE É SOLO?

O solo é um recurso natural vital, disponível apenas em quantidade limitada, e não renovável em uma escala de tempo humana. Por tais razões,

a degradação de sua qualidade pela erosão acelerada, sobretudo de sua qualidade física, representa impacto permanente na base do recurso. O planejamento do uso das terras é essencial para a prevenção da instalação de impactos permanentes na qualidade das terras e do solo em particular. A realização de previsões possibilita a indicação de ações preventivas e, ou corretivas, atendendo a diferentes horizontes de planejamento. (CARVALHO *et al.*, 2010).

O Manual Técnico de pedologia do IBGE menciona que, dentre as diversas definições de solo, a que melhor se adapta ao levantamento pedológico é a descrita no *Soil Taxonomy* (1975) e no *Soil Survey Manual* (1984), transcrita a seguir:

“Solo é a coletividade de indivíduos naturais, na superfície da terra, eventualmente modificado ou mesmo construído pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir à sustentação de plantas ao ar livre. Em sua parte superior, limita-se com o ar atmosférico ou águas rasas. Lateralmente, limita-se gradualmente com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. Mas, o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações de clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo”.

Rickleffs (2001) se refere ao solo como um material alterado química e biologicamente, constituído de uma mistura de minerais derivados da rocha matriz, minerais modificados no próprio solo, matéria orgânica produzida pelas plantas, raízes vivas de plantas, ar e água dentro dos poros, micro-organismos, vermes e artrópodes que vivem no solo.

O solo compreende três fases distintas: líquida, gasosa e sólida. A fase líquida se refere à água presente nos poros, contendo minerais nela dissolvidos, que serão aproveitados pelas plantas. A fase gasosa compreende

porções de gases, os mesmos da atmosfera, mas em diferentes proporções, disponibilizando oxigênio para os micro-organismos aeróbios do solo. A fase sólida é composta de partículas minerais, raízes de plantas, populações de macro e micro-organismos e matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição. A estrutura do solo é determinada pela presença, proporção e arranjo de partículas de diferentes tamanhos: areia, argila, cascalhos e silte (MOREIRA, 2006).

2. COMO O SOLO SE FORMA NA NATUREZA

O solo como o concebemos hoje, já foi diferente, e no futuro também será, porque é resultado da interação de diferentes fatores naturais. Cinco fatores atuam na formação do solo:

- Material parental ou de origem (rocha matriz): a rocha (e os minerais que a compõem) a partir da desagregação;
- Clima: precipitação e temperatura são importantes na fragmentação da rocha matriz;
- Organismos: plantas, animais, micro-organismos adicionam matéria orgânica e induzem a decomposição e ciclagem de nutrientes que participam do processo de desagregação;
- Topografia: principalmente em locais muito inclinados e extensos;
- Tempo: é essencial para os processos de desagregação. Solos geralmente se formam mais rapidamente em ambientes quentes do que em regiões frias (MAIER & PEPPER, 2009).

As transformações físicas e químicas em um material rochoso são denominadas intemperismo. Este processo ocorre quando a água que penetra em fissuras da rocha, congela e derrete, repetidamente, provocando a quebra da rocha e aumentando a área exposta à ação química. A ação química acontece devido a dissolução, pela água, de minerais da própria

rocha, como cloreto de sódio (NaCl) e sulfato de cálcio (CaSO₄). O intemperismo prossegue até que as partículas do solo alcancem os tamanhos que caracterizam as frações areia (0,05 – 2 mm), silte (0,02 a 0,05 mm) e argila (menor que 0,02 mm). Os solos originados apresentam características diferentes, como cores (vermelho, amarelo, marrom, preto, cinza, branco), textura (arenosos, argilosos ou de textura média), profundidade (rasos ou profundos), com ou sem pedras/rochas no interior ou na superfície, secos ou alagados, férteis ou pobres em nutrientes, com diferentes teores de matéria orgânica (CAPECHE, 2010).

O processo de formação do solo gera diferentes camadas horizontais, ou horizontes de solo, que são característicos de cada tipo de solo. O número, natureza e extensão destes horizontes que dá a cada tipo de solo suas características específicas. Geralmente, o solo contém uma camada escura superficial, rica em matéria orgânica, designada como horizonte O. Abaixo, há uma camada clara e colorida, denominada horizonte A, onde se acumula a matéria orgânica humificada. A camada a seguir é chamada horizonte E, porque é caracterizada pela eluviação (processo de remoção ou transporte de nutrientes e materiais inorgânicos). Sob a camada E reconhecemos o horizonte B, caracterizado pela iluviação (depósito das substâncias originadas do horizonte E). E por fim, o horizonte C, que contém o material de origem do qual o solo foi derivado. O horizonte C é um material de transição entre o solo e a rocha de origem. Nem todos os solos apresentam os horizontes mencionados acima, mas as características de cada horizonte são semelhantes. (MAIER& PEPPER, 2009).

3. A VIDA NO INTERIOR DO SOLO

Quando se discute biodiversidade e extinção de espécies, geralmente são mencionados os animais e plantas que vivem sobre o solo. Existem no interior do solo comunidades de micro e macro-organismos, que embora

invisíveis, especialmente micro-organismos, realizam serviços ambientais básicos para que as comunidades vegetais e animais se mantenham sobre a superfície.

Louis Pasteur mencionou que “o papel dos infinitamente pequenos é infinitamente grande”, considerando as várias funções desempenhadas pelos micro-organismos, como: decomposição da matéria orgânica, produção de húmus, ciclagem de nutrientes e energia, produção de compostos complexos que auxiliam na agregação do solo, decomposição de poluentes e controle biológico de pragas e doenças (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Segundo Moreira & Siqueira (2006), a biota do solo é classificada conforme seu tamanho, a densidade de cada grupo variando em função de características edáficas e climáticas típicas de cada ambiente. A densidade de cada grupo aumenta na medida em que se reduz o tamanho do organismo. Por isso, em geral, bactérias são bem mais numerosas do que minhocas. Mas a maior biomassa do solo é constituída de fungos, bactérias e minhocas. Os organismos presentes no solo podem passar de 10 toneladas por hectare, quantidade que equivale as melhores produções de algumas culturas agrícolas. Temos, então, no solo:

- Micro-organismos: bactérias, fungos e algas;
- Microfauna (menores que 0,2 mm): protozoários, rotíferos e nematóides;
- Mesofauna (0,2 a 10 mm): ácaros, colêmbolas e enquitríqueos;
- Macrofauna (maiores que 10 mm): minhocas, cupins, formigas, coleópteros, aracnídeos, miriápodos.

A macrofauna do solo desempenha papel importante nos ecossistemas quanto à ciclagem de nutrientes e estrutura do solo, sendo responsável pela fragmentação dos resíduos orgânicos e mistura com as partículas minerais, realocação da matéria orgânica e produção de estruturas

fecais. O uso da terra, as modificações no ambiente, o preparo e cultivo do solo e a adição de matéria orgânica alteram a macrofauna edáfica e modificam o ambiente, gerando efeitos benéficos ou prejudiciais (ALVES *et al.*, 2008).

Bactérias e fungos podem degradar completamente o material orgânico de restos de plantas e animais, mas, em geral, eles não atuam sozinhos. A decomposição estrutural e química dos tecidos complexos de plantas e restos de animais só é possível porque grande diversidade microbiana e de espécies da fauna edáfica estão envolvidas nesse processo (SOUTO *et al.*, 2008).

Composta por protozoários, nematóides, rotíferos, pequenos indivíduos do grupo Collembola, Acari e outros, a microfauna do solo atua de forma indireta, na ciclagem de nutrientes, pois controla as populações de bactérias e fungos, que são sua fonte de alimento (MOÇO *et al.*, 2005).

Formada por ácaros, colêmbolos, alguns grupos de miriápodes, aracnídeos e diversas ordens de insetos, alguns oligoquetos e crustáceos, a mesofauna do solo é extremamente dependente da umidade do solo e suas atividades tróficas incluem tanto o consumo de microrganismos e da microfauna, como a fragmentação de material vegetal em decomposição (SOUTO *et al.*, 2008).

4. UTILIZAÇÃO DO SOLO

O solo é a base de sustentação de toda vida terrestre. Tem sido utilizado para agricultura e pecuária, ocupado desde épocas muito remotas por agregados tribais e mais recentemente por áreas urbanas e complexos industriais, e utilizado para agricultura, pecuária e extrativismo mineral. Infelizmente, também tem sido local para depositar resíduos e detritos, alguns tóxicos, resultantes das atividades humanas.

Segundo Rocha (2005), os centros urbanos se constituem em centros de consumo de matérias primas e ilhas de calor, e, em muitos casos, locais com alta concentração de poluentes e contaminantes do ar, água e solo. Em centros urbanos o solo fica impermeabilizado, reduzindo a capacidade de infiltração de águas e influenciando o clima. A retirada da cobertura vegetal da superfície do solo aumenta a velocidade da água e prejudica o solo, e a construção de prédios e aglomerados populacionais é acompanhada da geração de resíduos que poluem o solo e a água. A implantação de polos e complexos industriais, com objetivo de gerar produtos e energia, produz resíduos, escórias e subprodutos que contaminam e poluem o solo.

A agricultura garantiu a sobrevivência e crescimento da espécie humana, eliminando definitivamente o risco de sua extinção. Além de garantir a sobrevivência da espécie humana, a agricultura libertou o homem da necessidade de ser nômade, permitindo o surgimento das cidades. A agricultura fornece-nos o alimento que precisamos, e também para a pecuária. Naturalmente, a atividade agrícola perturba o meio ambiente em relação à condição silvestre. Atividades agrícolas inadequadas provocam grave deterioração do solo e do meio ambiente. A agricultura moderna, baseada em desenvolvimentos científicos, aumenta a produtividade e protege o meio ambiente, mas causa eventuais danos. Por isso, discute-se, cada vez com mais intensidade, o que seria uma “agricultura sustentável”. Com o aumento da eficiência agrícola, menor número de indivíduos trabalhando são necessários para a produção de alimentos, e a população pôde se dedicar a outras atividades: artesanais, comerciais, artísticas, políticas, militares e religiosas (PATERNIANI, 2001).

A agricultura praticada com plantio convencional, que consiste na aração, gradagem e outros movimentos no solo, conduz a uma série de danos ao meio ambiente, como erosão e consequente assoreamento das represas hidrelétricas, bem como empobrecimento, esterilização e

compactação do solo (PATERNIANI, 2001).

De acordo, com Moreira & Siqueira (2006), o plantio convencional reduz o teor de matéria orgânica e rompe hifas de fungos e raízes de plantas que atuam na estabilidade dos agregados do solo. E a desagregação do solo reduz o teor de carbono que fica armazenado no solo. A manutenção de restos da cultura no solo favorece a atividade dos micro-organismos, promovendo a agregação do solo e a ciclagem de nutrientes para a próxima cultura.

A agricultura praticada pelo plantio direto na palha, como o próprio nome indica, dispensa as atividades de revolvimento (aração e gradagem) do solo, semeando-se nele diretamente. É feito apenas um pequeno sulco para receber a semente. Após a colheita, os restos da cultura são roçados e permanecem no solo. Ao plantio direto na palha se somam outras práticas conservacionistas da qualidade do solo, como a plantação na entressafra de uma cultura para produção de matéria orgânica, geralmente leguminosa, que também é deixada sobre o solo. Com passar do tempo, ocorre um aumento da matéria orgânica, quase total ausência de erosão e demais benefícios decorrentes. O plantio direto na palha pode ser comparado à condição da floresta, onde a quantidade de matéria orgânica é alta e não há movimento de solo (PATERNIANI, 2001).

A seguir são apresentados os benefícios do plantio direto na palha, conforme Paterniani, 2001.

- Evita a erosão e compactação do solo;
- Aumenta a disponibilidade de água;
- Melhora a capacidade tampão do solo;
- Aumenta matéria orgânica no solo;
- Favorece minhocas e micro-organismos;
- Aumenta a disponibilidade de N (nitrogênio), P (fósforo) e K (potássio);

- Reduz a toxicidade do Al (alumínio), Mn (manganês), Cd (cádmio) e pesticidas;
- Proporciona mais tempo para outras atividades;
- Menores custos de produção;
- Contribui para o sequestro de carbono no solo;
- Diminui assoreamento nas represas das hidrelétricas.



Figura 1 - Cultivo de soja em sistema de plantio direto na palha, em Chiapeta, RS, junho 2014.

5. QUALIDADE DO SOLO

Devido ao aumento das atividades antrópicas, cresce a preocupação com o uso sustentável e a qualidade do solo. A qualidade do solo se refere a sua capacidade em desempenhar funções que interferem na produtividade de plantas e animais e no ambiente (BARROS *et al.*, 2002), podendo alterar-se com o passar do tempo em decorrência de eventos naturais ou uso humano (LETEY *et al.*, 2003).

A avaliação da qualidade do solo é realizada por indicadores que devem relacionar as suas propriedades físicas (densidade do solo, porosidade total, resistência mecânica à penetração vertical e taxa de infiltração de água), químicas (conteúdo de matéria orgânica e capacidade de troca de cátions) e biológicas (carbono na biomassa microbiana e respiração basal) (DORAN *et al.*, 1994; ARAÚJO *et al.*, 2007).

O estabelecimento de índices de qualidade do solo é útil na avaliação de impactos ambientais, pois biomas são transformados em lavouras ou criação de animais, seja de forma extensiva ou intensiva e torna-se, necessário o controle, fiscalização e monitoramento de áreas destinadas à proteção ambiental (ARAÚJO *et al.*, 2007).

Uma parte importante do manejo do solo se refere aos problemas com a qualidade da água. O uso do solo exerce influência significativa na qualidade de água de uma microbacia (FERNANDES *et al.*, 2011). A microbacia hidrográfica pode ser entendida como a área geográfica de captação de água (de chuva), composta por pequenos canais de confluência e delimitada por divisores naturais, considerando-se a menor unidade territorial.

A perturbação antrópica de qualquer sistema estável (solo + cobertura vegetal) tende a causar mais perdas do que ganhos de carbono, acarretando perda da qualidade do solo ao longo do tempo (BARETTA *et al.*, 2005). Tais perdas são devidas à liberação de CO₂ na respiração, provenientes da decomposição da matéria orgânica do solo por hidrólise microbiana, da lixiviação e perdas de compostos por erosão hídrica, sendo estas duas últimas vias de magnitude menor em solos subtropicais (ANDERSON & DOMSCH, 1990).

A microbiota do solo é a principal responsável pela decomposição dos compostos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia do solo. A biomassa microbiana e sua atividade têm sido apontadas como as características mais sensíveis às alterações na qualidade do solo, causadas por mudanças de uso e práticas de manejo, como as promovidas pela aplicação de resíduos orgânicos (DEBOSZ *et al.*, 2002).

6. EMPOBRECIMENTO, POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DO SOLO

Segundo Rickleffs (2001), a alteração da natureza básica de um ecossistema perturba os processos de regeneração e controle. O desmatamento, por exemplo, rompe a ciclagem de nutrientes que mantém a estrutura da floresta, altera a estrutura do solo e o expõe ao lixiviamento e à luz solar. A produtividade do solo cai, e a erosão aumenta 10 vezes ou mais.

Em áreas agrícolas, a erosão acelerada do solo é basicamente um processo induzido pelo manejo, e comumente inicia-se com a remoção da cobertura vegetal original para a implantação das culturas. O uso e manejo de terras produtivas em desacordo com a aptidão agrícola, e o uso intensivo de terras marginais são outros fatores agravantes do processo (DREGNE, 1982; GRAAF, 1996).

Perdas de solo devido à erosão acelerada degradam terras agrícolas em todo o mundo, gerando o declínio da qualidade do solo e de sua capacidade de desempenhar múltiplas funções. A produção de sedimentos por erosão acelerada do solo representa a principal fonte não pontual de poluição dos recursos hídricos superficiais (WEILL & SPAROVEK, 2008).

Em solos desmatados e preparados para plantio são aplicados insumos agrícolas, substâncias destinadas a eliminar pragas agrícolas ou animais nocivos ao homem, ou fertilizantes para corrigir o solo. No solo, os agroquímicos podem ser foto-decompostos, ser detoxificados, translocados ou absorvidos pelas plantas, volatilizar-se ou decompor-se, ser absorvidos ou adsorvidos, sofrer degradação biológica. No entanto, pesquisas apontam para uma contaminação cumulativa de organomercúrios (metilmercúrio), organoclorados (DDT, lindano, clordano, dieldrin) e organofosforados (paration e malation) nas cadeias alimentares, com evidentes prejuízos a saúde de animais e humanos.

Segundo Flores *et al.* (2004), no homem, os organoclorados atuam sobre o sistema nervoso central e no sistema de defesa do organismo. Produzem sérias lesões hepáticas e renais, danificam o cérebro, os músculos do coração, a medula óssea, o córtex da supra-renal, o DNA. Alteram a ação de hormônios estrogênicos, estimulando a testosterona e propiciando a puberdade precoce. Estudos têm evidenciado a atividade imunossupressora de certos produtos desse grupo, alterações na conduta dos indivíduos, câncer em órgãos do aparelho digestivo, pulmão e rim.

O excesso de nitratos no solo, devido a fertilização agrícola, desencadeia um processo de conversão para nitritos, os quais se combinam com as hemácias e impedem a absorção de oxigênio, causando metemoglobinemia, que pode causar a morte. Os nitritos, ainda, no intestino humano, se transformam em nitrosaminas e nitrosamidas, que possuem ação carcinogênica (ROCHA, 2005; RICKLFFS, 2001).

Metais pesados como mercúrio, arsênico, chumbo, cobre, níquel, zinco, e outros metais pesados são tóxicos para os seres vivos. Entram no ambiente como refugos de mineração e da fundição de metais, rejeitos de processos de manufaturados, fungicidas, e queima de gasolina com chumbo. Muitos metais tóxicos eliminados na atmosfera pelas fundições, retornam para a superfície e se depositam, reduzindo a população de minhocas, musgos, líquens e fungos do solo (RICKLEFFS, 2001).

7. PRESERVAÇÃO DO SOLO

Em áreas urbanas, são necessárias algumas atitudes para conservar e evitar a contaminação do solo, como descarte apropriado do lixo, evitar uso de agroquímicos em plantas de jardim e animais domésticos.

O solo é um recurso natural que, quando utilizado para agricultura e pecuária, pode ser preservado com a adoção de práticas conservacionistas,

que são técnicas utilizadas para aumentar a resistência do solo ou diminuir as forças erosivas que o degradam. Tais técnicas, aplicadas em conjunto, constituem um sistema de manejo.

Para melhor compreensão, as técnicas são classificadas em vegetativas, edáficas ou mecânicas, mas o ideal é que sejam aplicadas em associação (Denardim *et al.*, 2011). As técnicas vegetativas visam controlar a erosão pelo aumento da cobertura vegetal do solo e incorporação de resíduos, proteger contra as gotas de chuva e diminuir a velocidade de escoamento das enxurradas. São utilizadas técnicas de florestamento e reflorestamento em topos de morros, margens de rios e lagos, terrenos acidentados e recuperação de áreas degradadas, plantas de cobertura, cultivo em faixas, alternância de capinas, cobertura morta, faixas de bordadura e quebra-ventos.

As técnicas edáficas se referem à manutenção e melhoria do solo, principalmente quanto à disponibilidade de nutrientes. Envolvem a eliminação ou controle das queimadas, calagem, adubação química, adubação orgânica, adubação verde, rotação de culturas e utilização de quebra-ventos para criar um microclima favorável. As técnicas mecânicas geralmente requerem maior dispêndio de recursos financeiros, pois consistem na distribuição racional dos caminhos, conservação de estradas rurais, plantio em nível, manutenção de bacias de captação, controle de voçorocas e terraceamento.

Carvalho *et al.* (2010) se referem ao solo como uma importante reserva de carbono, que tem papel fundamental sobre a emissão de gases do efeito estufa e consequentes mudanças climáticas globais. A forma inadequada de uso e manejo do solo pode causar efeito negativo quanto à emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera, e adicionalmente, traz problemas relacionados à sua sustentabilidade, devido à degradação da matéria orgânica do solo, que reduz sua qualidade físico-química e

biodiversidade. Práticas adequadas de manejo para manter o acumular carbono no sistema solo-planta, denominadas sequestro de carbono, podem atenuar os efeitos do aquecimento global. Essas práticas de manejo podem ser: implementação de sistemas de plantio direto, recuperação de pastagens degradadas, implantação de sistemas integrados de cultivo, reflorestamento de áreas marginais, uso de espécies que tenham alta produção de biomassa e eliminação de queimadas.

Parceria de canadenses e brasileiros estuda recuperação de solo e água

Por Carlos Eduardo Lins da Silva, de Toronto

22/10/2012

Fonte: Extraído na íntegra de Agência FAPESP

<http://agencia.fapesp.br/16358>



Agência FAPESP – O Estado de São Paulo e a Província de Ontario, no Canadá, como muitas regiões do mundo em que atividade industrial intensa vem ocorrendo há muito tempo e grandes contingentes populacionais residem, enfrentam com frequência problemas sérios de contaminação de solo sob a superfície.

Tal situação pode prejudicar mananciais de água ou ameaçar diretamente a saúde de pessoas que moram ou trabalham em edifícios construídos sobre essas áreas.

Assim, o projeto de cooperação entre a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade de Toronto para pesquisa sobre recuperação de solo e água – celebrado dentro do acordo entre FAPESP e Universidade de Toronto e apresentado por alguns de seus responsáveis na FAPESP WEEK 2012 – se reveste de grande importância social.

Cláudio Augusto Oller do Nascimento, da Escola Politécnica da USP, e Brent Sleep, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Toronto, mostraram várias possibilidades de trabalho em comum entre as duas escolas e especificamente entre o Centro de Capacitação e Pesquisa em Meio Ambiente (Cepema) e o Centre for Applied Bioscience (Biozone), onde trabalham.

Uma delas é a possibilidade de os brasileiros conhecerem melhor as técnicas de recuperação em que os canadenses se especializaram, como a tecnologia conhecida como Nanoscale Zero Valent Iron (nZVI), que vem sendo usada com sucesso especialmente no tratamento de terrenos e águas contaminadas com pesticidas e solventes.

Os dois centros utilizam técnicas de oxidação química e biorremediação. Mas como as características de solo dos dois países são muito diferentes, os dois lados se mostram animados com as possibilidades de descobertas que venham a ocorrer a partir da aplicação das técnicas em terrenos tão diversos. A elaboração de modelos computacionais de processos ambientais em conjunto é outro ponto que entusiasma os pesquisadores das duas entidades.

De imediato, o que se pretende fazer são intercâmbios de curta duração para estudantes canadenses e brasileiros e um simpósio sobre tecnologias de recuperação de solo e água. Concomitantemente, os

pesquisadores dos dois países vão desenvolver projetos em colaboração para a aplicação de tais tecnologias para serem realizados nos próximos anos.

8. PROPOSTAS DE ATIVIDADES

1) Leitura e discussão de livros:

Objetivo: Discutir sobre contaminantes do solo, avaliando a situação em épocas passadas e como tem sido tratada a questão ambiental atualmente.

Recursos: Livros Primavera Silenciosa – Rachel Carson (reed. 2010) e Futuro Roubado – Colborn *et al.* (1997)

Descrição: A turma pode ser dividida em duplas e cada dupla se encarrega de estudar um capítulo do livro escolhido, e prepara uma apresentação aos colegas. Dessa forma, a turma pode saber o conteúdo do livro e discutir sobre o assunto. O professor pode também escolher capítulos que sejam pertinentes ao assunto que deseja discutir. Essa atividade é apropriada para alunos de ensino médio e superior.

2) Avaliação de conceitos prévios sobre o solo (ROSA *et al.*, 2012)

Objetivo: analisar o nível de conhecimento e aprendizado dos alunos sobre a importância do solo no ambiente.

Recursos: alunos e ou pessoas da comunidade

Descrição: propõe-se aplicar o questionário para verificar os conceitos prévios dos alunos e novamente após o estudo de temas específicos de solo. Elaborar questionário perguntando se o aluno mora na área rural ou urbana, se sabe o que é solo, como se forma, se os solos são iguais em todos os lugares, se existe vida no interior do solo, se a minhoca é importante para o solo, quais usos de solo são praticados em seu município, se todos os solos podem ser utilizados na agricultura, por que é importante

preservar o solo.

3) Plantio em diferentes tipos de solo (FONSECA, 2009).

Objetivo: Avaliar a influência de diferentes tipos de solos sobre o crescimento vegetal

Recursos: diferentes amostras de solo (areia, argila e húmus), copinhos de café, algodão e sementes de feijão.

Descrição: montar sete amostras de solo: (1 - apenas algodão úmido; 2 - areia pura; 3 - areia + água; 4 - argila seca; 5 - argila + água; 6 - húmus seco; 7 - húmus + água). Acompanhar o crescimento das plantas de feijão. Discutir as condições de germinação e de crescimento dos feijões. Discutir os resultados obtidos, comparando entre os colegas. Que diferenças e semelhanças você vê entre seus resultados e o dos colegas? Houve diferença no crescimento do feijão nas amostras? Em qual montagem o feijão teve melhor crescimento? Por quê?

4) Conhecendo a composição do solo e suas diferentes texturas (COMIN *et al.*, 2013)

Objetivos: comparar diferentes tipos de solo, identificando diferenças e características comuns como presença de água, areia, argila que variam em proporção na constituição de cada solo.

Recursos: amostras de diferentes tipos de solos, copos plásticos, garrafas pets e bacias plásticas.

Descrição: em dois recipientes são depositadas diferentes misturas de solos, uma mais arenosa e outra argilosa, tendo, portanto composições granulométricas distintas. Os alunos observam e tocam as diferentes amostras para perceberem a diferença entre tipos de solos, assimilando assim, a noção de que estas diferenças existem.

5) Erosão hídrica do solo (COMIN *et al.*, 2013).

Objetivos: demonstrar como ocorre a erosão hídrica do solo, discutindo os fatores que causam a erosão, os efeitos da erosão do solo e algumas práticas de controle e combate e sua importância para as atividades agrossilvipastoris.

Recursos: peneiras, recipientes plásticos, amostra de solos sem cobertura vegetal, amostras com cobertura vegetal (grama em leiva), água e um regador confeccionado com garrafa PET.

Descrição: A experiência deve ser montada previamente, e constitui-se basicamente em simular o efeito da chuva sobre um ambiente sem cobertura vegetal e outro com cobertura vegetal, utilizando-se para isso o regador, para representar a chuva. Assim, os alunos podem observar a perda de solo nos dois ambientes. É possível explicar a importância da preservação da mata ciliar e as consequências da perda da mesma, como o assoreamento dos cursos d'água decorrentes do desmoronamento de encostas e das perdas de solos em virtude do uso não sustentável na agricultura (como a compactação dos solos e o desmatamento das margens dos rios).

6) Pintura com tinta de solo e colagem de solo sobre superfícies (CAPECHE, 2010).

Objetivo: realizar atividades de pintura utilizando solo como matéria-prima.

Recursos: amostras de solos com cores diferentes (peneirados), cola branca (tipo escolar ou de artesanato), água limpa, dosadores (colher de sopa, tampinhas de refrigerantes, potinhos), agitadores (colher de café, palitos de madeira ou plástico), recipientes para o preparo da tinta e lavagem dos pincéis (garrafas PET, potes de iogurte, vidros de maionese), pincéis para artesanato, materiais a serem pintados (tecido ou papel), panos para limpeza dos pincéis e mesa (panos de chão de algodão), secador de cabelo

(agiliza a secagem da pintura – opcional).

Descrição: o preparo da tinta consiste em misturar duas partes de solo peneirado, duas partes de água e uma parte de cola branca, mexendo bem. Ajustar a quantidade dos ingredientes de acordo com o tipo de solo, para completa solubilização. Para solos mais argilosos pode ser necessária mais água e os de textura média, um pouco menos. O educador pode ajustar a mistura para obter uma tinta mais ou menos densa.

9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALVES, M. V.; SANTOS, J. C. P.; GOIS, D. T.; ALBERTON, J. V.; BARETTA, D. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 32, p. 589-598, 2008.

ANDERSON, T, H; e DOMSCH, K, H. Application of ecophysiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. *Soil Biology & Biochemistry*, 22(2), p. 251-255, 1990.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 31, p.1099-1108, 2007.

BARETTA, D; SANTOS, P, C, J; FIGUEIREDO, R, S; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no planalto sul catarinense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(5), p. 715-724, 2005.

CAPECHE, C. L. Educação ambiental tendo o solo como material didático: pintura com tinta de solo e colagem de solo sobre superfícies / Claudio Lucas Capeche. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 60 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 123).

CARSON, R. Os reinos do solo. In: *Primavera Silenciosa*. Raquel Carson (traduzido por Claudia Sant'Anna Martins). I ed. São Paulo, 2010, p. 57-64.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 34, p. 277-289, 2010.

COLBORN, T.; DUMANOVSKI, D.; MYERS, J. P. *O Futuro Roubado*. Porto Alegre: L&PM, 1997. 354p.

COMIN, F. V.; FURLAN, M. C.; FERRONY, H. M.; OLIVEIRA, A. L. O ensino de solos sob a perspectiva da educação ambiental: aplicação de experimentos para ensino e conscientização. *Revista Científica da AJES*, v. 4, n. 10, jul-dez, 2013.

DEBOSZ, K; PETERSEN, S, O; KURE, L, K; e AMBUS, P. Evaluating effects of sewages ludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. *Applied Soil Ecology*, 19(3), p. 237-248, 2002.

DENARDIM, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A. 15 de abril: dia nacional da conservação do solo: a agricultura desenvolvida no Brasil é conservacionista ou não? *Boletim Informativo da SBCS*, abril 2011.

DORAN, J, W; COLEMAN, D, C; BEZDICEK, D, F; STEWART, B, A. (Ed. 35).(1994). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Wisconsin, USA.

FERNANDES, M, M; CEDDIA, B, M; RAMOS,M, G; GASPAR, A; MOURA, R, M. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Glória, Macaé – RJ. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, 8(2), 105-116, 2011.

FLORES, A. V.; RIBEIRO, J. N.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, E. L. I. Organoclorados: um problema de saúde pública. *Ambiente & Sociedade*, v.7, n. 2, p. 111-124, jul./dez. 2004.

MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte Fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.4, Viçosa July/Aug, 2005.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Ecologia do solo. In: Microbiologia e Bioquímica do solo. 2 Ed. Atualizada e ampliada, Lavras: Ed. UFLA, 2006. P. 85-96.

MUGGLER, C. C.; PINTO SOBRINHO, F. A.; MACHADO, V. A. Educação em solos: princípios, teoria e métodos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, n.4, Viçosa, July/Aug, 2006.

PATERNIANI, E. Agricultura sustentável nos trópicos. Estudos Avançados n. 15, v. 43, p. 303-326, 2001.

RICKLEFS, R. E. A economia da natureza. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan. 5ª Ed. 504p.

ROCHA, A. A. Controle e qualidade do solo. In: PHILIPPI, A.(editor) Saneamento, saúde e ambiente; fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manole, 2005.

ROSA, L. A. B., ROCHA, A. C. MOTKE, F. D.; ZAMBERLAN, J. F.; GOMES, C. M.; BERVIG, AL. A. A educação ambiental para um manejo correto do solo: percepção de agricultores do município de Jaboticabal, SP. Educação ambiental em ação, n. 42, dez, 2012.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, R. V. S.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 32, p. 32: 151-160, 2008.

WEILL, M. A. M.; SPAROVEK, G. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). II – Interpretação da tolerância de perda de solo utilizando o método do índice de tempo de vida. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 32, p. 815-824, 2008.

CAPÍTULO 4 - GERAÇÃO DE ENERGIA

Vivian Vicentini Kuss

Anelise Vicentini Kuss



O conceito de energia é muito amplo, podendo ser aplicado nas mais distintas áreas do conhecimento, desde o senso comum até em diversas áreas da ciência. No entanto, o conceito mais difundido de energia diz respeito à capacidade da transformação em trabalho.

Em termos práticos, a energia está presente em diversas aplicações no nosso cotidiano: a energia dos combustíveis é o que movimenta veículos para o transporte de pessoas e mercadorias; a energia elétrica é utilizada para gerar calor ou colocar em funcionamento os eletrodomésticos; a energia solar pode ser convertida em energia elétrica ou ser utilizada para aquecimento.

Neste contexto, podemos classificar as fontes de energia como primária ou secundária. Como fonte de energia primária entende-se aquela fonte que existe de forma natural e pode gerar outro tipo de energia de forma direta como, por exemplo, a lenha, que pode ser utilizada diretamente pelos seres humanos para a geração de calor para aquecimento de

ambientes, cocção de alimentos, entre outros.

Outras fontes de energia primária que também geram energia através da transformação direta são o petróleo bruto, carvão mineral, gás natural (utilizados gerar energia elétrica ou calor através do processo de combustão), energia hídrica, solar, eólica, oceânica, geotérmica (transformação para geração de energia elétrica) e biomassa (geração de calor, energia elétrica ou combustíveis).

As fontes de energia secundárias são fontes primárias que sofreram um processo de transformação, para então serem utilizadas nas aplicações desejadas. Estes processos de transformação de energia ocorrem em diversos centros como refinarias de petróleo, usinas de gaseificação, coquearias, carvoarias, destilarias, usinas hidrelétricas, centrais termelétricas, entre outras. Como exemplos de energia secundária, podemos citar a gasolina, diesel, energia elétrica, alcatrão, vapor, coque, querosene, álcool, óleo combustível, nafta, gás liquefeito de petróleo, entre outros, e que são utilizados como combustíveis para geração de energia, para produção de outros derivados de interesse comercial e como combustíveis em motores a combustão (GOLDEMBERG & LUCON, 2007).

1. FONTES RENOVÁVEIS E NÃO RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Uma grande preocupação atualmente diz respeito à possibilidade de esgotamento das nossas reservas energéticas frente ao aumento de consumo de energia nas últimas décadas. As fontes de energia disponíveis podem ser classificadas quanto à sua capacidade de renovação em energias renováveis e energias não renováveis.

Energias renováveis são aquelas que ocorrem naturalmente na natureza e podem, por si só ou por intervenção humana, se restaurarem sem levar a uma condição de esgotamento total ao longo do tempo. Como

exemplos de energias renováveis podem-se citar a energia solar, eólica, hidráulica, geotérmica, biomassa (na forma de etanol, biodiesel ou para geração de energia elétrica) e a energia das ondas (oceânica). As energias não renováveis são recursos teoricamente limitados, ou seja, não há condição de recuperação em um tempo razoável. O maior exemplo de energia não renovável é o petróleo, que foi formado há milhões de anos atrás pela decomposição da matéria orgânica. Outros exemplos de energias não renováveis são o carvão, gás natural e urânio (SOUZA & SILVA, 2012).

2. MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL

A Matriz Energética é uma representação quantitativa da oferta de energia por tipo de fonte para um determinado país ou região. Na matriz energética são apresentadas todas as fontes de energia disponíveis e que poderão ser transformadas, distribuídas e consumidas nos mais diversos setores, desde a indústria até as residências.

A configuração da matriz energética varia muito entre países e está diretamente relacionada ao tipo de energia disponível naquela região. O Brasil, por exemplo, destaca-se no cenário internacional por ser um país com grande percentual de energia renovável na sua matriz energética. No ano de 2012, as energias renováveis representaram 42,4% da matriz energética; enquanto isso, em 2010, este tipo de fonte de energia correspondiam a 13,2% e 8,0%, no Mundo e na OCDE, respectivamente.

A OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (*Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD)) é uma organização internacional composta por 34 membros (sucessora da Organização para a Cooperação Econômica Européia). Se constitui em Órgão internacional e intergovernamental com o objetivo de

potencializar o crescimento econômico e colaborar com o desenvolvimento de todos os demais países membros. (Fonte: <http://www1.fazenda.gov.br/sain/pcn/PCN/ocde.asp> Acesso em 01/04/14)

A figura abaixo apresenta os dados para a oferta mundial de energia por fonte para o ano base de 2010: no total foram 12.717×10^6 tep (toneladas equivalente de petróleo). Tonelada equivalente de petróleo (tep) é uma unidade de energia. A tep é utilizada para comparar o poder calorífero de diferentes formas de energia com o petróleo. Uma tep corresponde à energia que se pode ser obtida a partir de uma tonelada de petróleo padrão. (Fonte: BRASIL/ANEEL, 2005)

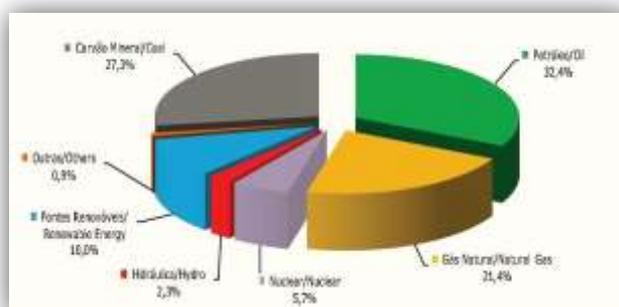


Figura 1 - Oferta mundial de energia por fonte (ano base: 2010).

Fonte: BRASIL/EPE, 2013.

O Brasil tem uma grande parcela da oferta de energia proveniente de fontes de renováveis, como ilustra a figura na página seguinte.

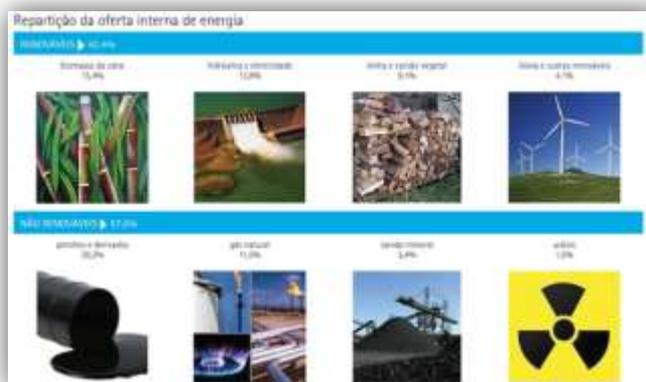


Figura 2 - Oferta de energia por fonte no Brasil (ano base 2012).

Fonte: BRASIL/EPE, 2013.

Este capítulo irá tratar sobre as fontes de energia não renováveis como petróleo, gás natural, carvão e urânio nas suas principais aplicações, bem como as vantagens e desvantagens desta estrutura de consumo energético. As fontes de energias renováveis e alternativas às fontes atuais serão tratadas no próximo capítulo.

3. FONTES DE ENERGIA NÃO RENOVÁVEIS

3.1 Petróleo: Combustíveis e outros Derivados

O petróleo é um líquido oleoso e inflamável composto por hidrocarbonetos, que foi formado ao longo do tempo geológico pela decomposição da matéria orgânica (plantas, animais marinhos e vegetação típica de regiões alagadiças) sob a ação de temperatura e pressão, sendo encontrado apenas em terrenos sedimentares conhecidos como “rochas reservatório” (LORA& NASCIMENTO, 2004).

A utilização do petróleo é muito antiga. O Imperador Alexandre – o grande, já havia observado o petróleo na forma de chamas que se desprendiam da terra. Os árabes, no início da era cristã, utilizavam o

petróleo para fins bélicos e para iluminação, substituindo o óleo de baleia em lamparinas e lampiões. A civilização Inca já conhecia o asfalto, e o betume foi usado como material na liga nas construções dos jardins suspensos da Babilônia e também nas pirâmides do Egito (ENCARNAÇÃO, 2007).

O primeiro poço para obtenção de petróleo foi perfurado em 1859 na Pensilvânia por Edwin Lawrence. Até a I Guerra Mundial, o carvão ainda atendia 85% das demandas de energia na Grã-Bretanha, por exemplo. No entanto, anos mais tarde, os combustíveis derivados de petróleo começam a ser utilizados em grande escala, tornando-se fontes indispensáveis de energia, impulsionadas ainda pela descoberta de novas reservas e preço baixo, proporcionando assim, a expansão das indústrias. No Brasil, o petróleo começa a fazer história em 1858 quando José de Barros Pimentel obteve a concessão do Marquês de Olinda, para extrair o betume em terrenos próximos à margem do rio Marau, na Bahia (GONÇALVES, 2007).

No Brasil, o petróleo tem ganhado notoriedade devido à descoberta deste recurso na camada do pré-sal. Consiste de uma área total de 149.000 quilômetros quadrados, sendo considerada a maior descoberta de petróleo do hemisfério sul nos últimos trinta anos, elevou o Brasil da décima quinta posição para a quarta no ranking das dez maiores jazidas do mundo. A formação geológica denominada pré-sal está abaixo de uma camada de cerca de 2.000 metros de sal marinho depositado no leito oceânico. Situa-se sob três bacias petrolíferas: Campos, Espírito Santo e Santos. As mais importantes reservas estão sob essa camada de sal, formada há 100 milhões de anos, no período de separação dos continentes americano e africano (SEABRA *et al.*, 2011).

O petróleo produzido no Brasil é um petróleo mais pesado e o parque de refino existente não é completamente adequado para o processamento do petróleo nacional. Como cerca de 70% do petróleo é do tipo mais pesado,

ainda se faz necessário importar petróleos mais leves, a fim de aumentar a produção de derivados médios e leves, como o gás de cozinha, gasolina, nafta petroquímica e óleo diesel para atender à demanda de consumo interno destes derivados. O excedente do petróleo nacional pesado é exportado (BRASIL, 2011).

Neste contexto, o Pré-sal tem ganhado importância, uma vez que o petróleo obtido é um petróleo leve, permitindo diminuir as importações de petróleo leve. Além disso, considerando-se os volumes anunciados das descobertas do Pré-Sal até o momento (10,6 a 16 bilhões de barris de óleo equivalente) o Brasil poderá dobrar as suas reservas atuais. Caso sejam confirmadas as expectativas de outras descobertas, estas reservas poderão ser até quadruplicadas, o que colocaria o Brasil na lista dos dez países com as maiores reservas de petróleo do mundo (MME, 2009).

O petróleo bruto extraído dos poços de perfuração é uma mistura complexa de compostos sólidos, líquidos e gasosos, tais como óleo (hidrocarbonetos e seus compostos), água, gás natural, gás carbônico, areias betuminosas, sais inorgânicos dissolvidos, entre outros compostos. Todos estes compostos precisam ser separados antes do processamento do petróleo para obtenção de combustíveis, o que normalmente é feito na própria plataforma de extração de petróleo. Deste petróleo, chamado petróleo cru (já separado da água, gás e sólidos), serão produzidos combustíveis e até plásticos que servirão como matéria-prima para a indústria de plásticos. As figuras abaixo ilustram de forma geral a estrutura das refinarias de petróleo e dos complexos petroquímicos que utilizam petróleo e gás natural como matéria-prima.

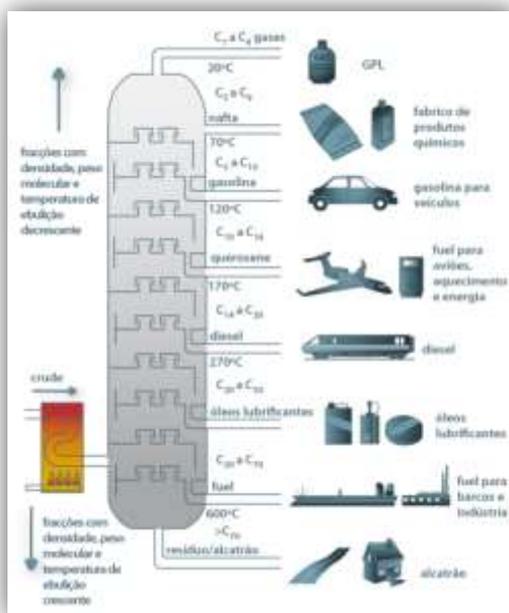


Figura 3 - Esquemático do processo de refino do óleo cru e seus principais derivados.

Fonte: Fontana, 2011.



Figura 4 – Unidade de Destilação Atmosférica e a Vácuo da Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP) em Porto Alegre.

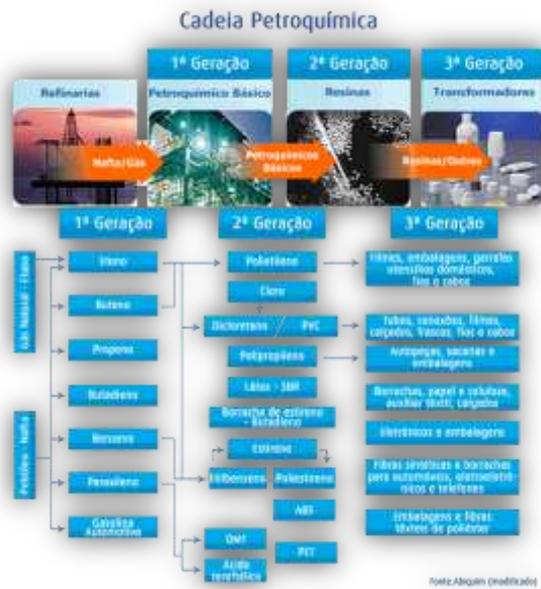


Figura 5 - Esquemático dos processos para obtenção dos principais produtos da cadeia petroquímica até a obtenção dos produtos finais.

Fonte: Braskem Gás natural

O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos leves, como o metano, seu principal constituinte, além de outros gases como etano, propano, butano e até nitrogênio, gás carbônico, água, ácido clorídrico, ácido sulfídrico e outras impurezas. O gás natural permanece em estado gasoso nas condições de pressão e temperatura atmosféricas e é um gás incolor, inodoro, não tóxico e mais leve que o ar (LORA & NASCIMENTO, 2004).

O gás natural também é um combustível fóssil assim como o petróleo e o carvão, formado pela decomposição na ausência de oxigênio (anaeróbia) de matéria orgânica enterrada (animais, plantas e micro-organismos). O gás natural pode ser encontrado associado ou não a depósitos de petróleo. O gás natural é extraído através de poços escavados (perfurações) até o subsolo, onde o gás está acumulado em rochas porosas e isolado do exterior por rochas impermeáveis. A maior parte do gás natural produzido no Brasil tem

sua origem associada ao petróleo, destinando-se não apenas à geração de energia elétrica, mas também à indústria petroquímica, fertilizantes, comércio, serviços e domicílios, entre outras aplicações. Em comparação com outras fontes de combustíveis fósseis, o gás natural é menos poluente, isento de enxofre e cinzas, oferecendo menos riscos ao meio ambiente (SANTOS *et al.*, 2007).

3.2 Carvão Mineral

Segundo Santana *et al.* (2007), o Brasil e o mundo buscam a diversificação das fontes de energia. É importante aproveitar, em cada região, os potenciais hídricos, carboníferos, eólicos e solares para produzir energia. O carvão é um dos recursos energéticos brasileiros que não pode ser desprezado, e as reservas disponíveis seriam suficientes para suprir a demanda energética brasileira por algumas décadas. Do montante de 24 bilhões de toneladas de carvão das reservas brasileiras, cerca de 90% dos depósitos de carvão do Brasil se concentram no Rio Grande do Sul.

O carvão mineral é a fonte de energia primária mais consumida no mundo depois do petróleo. O carvão é uma substância composta em maior quantidade por carbono e quantidades menores de oxigênio, enxofre e nitrogênio, formado através de um processo geológico onde substâncias orgânicas foram se decompondo pela ação de microrganismos. Além de ser utilizado como combustível para a geração termelétrica, também é muito utilizado para a produção de ferro gusa nas siderúrgicas (LORA e NASCIMENTO, 2004). No Rio Grande do Sul, a termelétrica de Candiota utiliza carvão mineral como combustível desde 1961 e hoje tem uma capacidade instalada para geração de 446 MW de energia elétrica utilizando esse combustível.

3.3 Centrais Termelétricas

Centrais termelétricas ou usinas termelétricas podem ser definidas

como instalações industriais cuja finalidade é gerar energia elétrica. Nas termelétricas convencionais a geração de energia elétrica ocorre em três etapas. Na primeira etapa, ocorre a queima de um combustível fóssil (carvão, óleo ou gás), transformando a água em vapor com o calor gerado em uma caldeira. Este vapor, em condições de pressão e temperatura altas, na segunda etapa, é utilizado para girar uma turbina que aciona um gerador elétrico. Na terceira e última etapa, este vapor é condensado e retorna à caldeira. Outra configuração desse tipo de usina denominada Ciclo Combinado, onde uma turbina a gás (movida pela queima de gás natural ou óleo diesel) está acoplada a um gerador para a geração de energia elétrica. Os gases de saída da turbina a gás são utilizados em caldeiras recuperadoras de calor para a geração de vapor, acionamento de turbina a vapor e condensação para realimentar a caldeira. As usinas termelétricas de ciclo combinado são mais eficientes termicamente do que as usinas convencionais, uma vez que há maior aproveitamento do calor gerado pela combustão, gerando mais energia a custos reduzidos. (LORA e NASCIMENTO, 2004).

As centrais termelétricas podem utilizar combustíveis como o óleo combustível e óleo diesel, que são obtidos pelos processos de refino de petróleo. Além disso, também podem ser utilizados o carvão mineral e o gás natural.



Figura 6–Usina termelétrica de Ciclo Combinado em ampliação no Rio Grande do Sul.

3.4 Usinas Nucleares

As usinas nucleares são usinas com princípio de funcionamento muito similar ao das usinas termelétricas. A diferença é que nas usinas nucleares o calor gerado é proveniente da fissão do urânio em um reator nuclear. Este calor proveniente da fissão produz vapor que aciona uma turbina acoplada a um gerador de corrente elétrica.

As usinas nucleares, devido ao tipo de combustível que utilizam, evitam a emissão de quantidades consideráveis de dióxido de carbono e outros poluentes causadores do efeito estufa. No entanto, frequentemente têm sido consideradas mais um perigo de autodestruição e possibilidade remota de contaminação do solo, ar e água por radionuclídeos do que propriamente uma fonte ilimitada de energia, como era esperado no início do desenvolvimento desta tecnologia.

As usinas nucleares são a terceira maior fonte geradora de energia elétrica do mundo, mas o futuro desta tecnologia não parece muito promissor, com exceção em países como França e Japão. Além dos altos custos de instalação das usinas e de disposição dos rejeitos nucleares, são muitos os problemas com a segurança deste tipo de instalação especialmente

no caso de acidentes. (BRASIL/ANEEL, 2005)

Os danos ocasionados por um acidente em usinas nucleares contaminam com radiação a população vizinha à usina e atravessam décadas causando problemas de saúde e contaminando o meio ambiente. O maior acidente nuclear da história aconteceu em Chernobyl (Rússia, 1986), matando mais de 25 mil pessoas (pelas estimativas oficiais), liberando na atmosfera radionuclídeos equivalentes a mais de 200 bombas iguais às de Hiroshima, além de contaminar três quartos da Europa. Recentemente, o mundo acompanhou o acidente da Usina Nuclear de Fukushima, cujas consequências ainda não podemos estimar.

Japão busca alternativas para energia nuclear

Por Washington Castilhos

25/07/2012

Fonte: Extraído na íntegra de Agência FAPESP

<http://agencia.fapesp.br/19181.html> 2/2

Agência FAPESP – Desde a Rio-92, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro em junho de 1992, estima-se que os desastres naturais (grande parte relacionada à mudança no clima) foram responsáveis pelas mortes de 1,3 milhão de pessoas no mundo, afetaram 4,4 bilhões e resultaram em perdas econômicas de US\$ 2 trilhões.

Segundo Kuniyoshi Takeuchi, diretor do Centro Internacional de Gerenciamento de Riscos do Instituto Público de Pesquisas do Japão, o acidente na central nuclear de Fukushima mudou a equação energética

mundial.

“Mudou no sentido de que os países que tinham a responsabilidade de tratar problemas internacionais estão se voltando para dentro, a fim de resolver seus problemas nacionais e domésticos”, disse Takeuchi, que participou da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (RIO+20), em junho último.

O centro que Takeuchi dirige tem ajudado o Japão a desenhar estratégias contra a ocorrência de acidentes, principalmente os relacionados à água, como o tsunami, que em 2011 inundou parte do território do país e causou o acidente em Fukushima.

Em entrevista à **Agência FAPESP**, Takeuchi, que integra o Programa Integrado de Pesquisa sobre Redução de Riscos de Desastres (IRDR, na sigla em inglês), falou também sobre algumas medidas que estão sendo tomadas no Japão para reduzir os riscos e as vulnerabilidades aos acidentes naturais.

Agência FAPESP – O senhor poderia destacar algumas lições trazidas pelo acidente nuclear em Fukushima?

Kuniyoshi Takeuchi – Aprendemos muito. Temos ainda que recuperar as perdas, estimadas entre 25 trilhões e 30 trilhões de ienes [*de R\$ 650 bilhões a R\$ 790 bilhões*], mas o acidente trouxe o tema da redução de desastres para a agenda da sustentabilidade. O assunto integrou o Zero Draft da RIO+20. Além disso, o acidente em Fukushima fez com que a população japonesa considerasse a possibilidade de se livrar das usinas de energia nuclear. Temos 53 reatores atualmente, que fornecem de 25% a 30% da nossa eletricidade. Porém, como o seu fechamento pode causar um grande impacto econômico no país, as já existentes deverão ser mantidas por ora. Mas, eventualmente, escolheremos outra linha de desenvolvimento sem as usinas nucleares.

Agência FAPESP – Que outras fontes de energia o Japão poderá empregar para substituir essa dependência da fonte nuclear?

Takeuchi – Estamos estimulando, por exemplo, o uso da energia solar. Ao mesmo tempo, promovemos a importante redução do consumo de energia elétrica junto à população. O processo acelerado de industrialização do Japão, especialmente no período de 1960 a 1980, fez com que o consumo de energia em nosso país crescesse muito. Agora, a população está mais cuidadosa com a questão do desperdício de energia.

Agência FAPESP – Quais práticas e estratégias estão sendo desenvolvidas no Japão no sentido da prevenção e da redução de riscos?

Takeuchi – Nesse sentido, o governo japonês trabalha essencialmente em dois níveis. O primeiro inclui a proteção da vida da população e da propriedade e a segurança alimentar, por meio de infraestruturas físicas que protejam contra tsunamis e outros desastres naturais. O segundo nível inclui a evacuação das áreas de risco. Ainda não sabemos qual será o impacto disso na economia, pois estamos apenas começando, mas temos a certeza da necessidade de se investir em políticas para lidar com os riscos. O mais importante é promover estratégias de adaptação aos desastres, uma vez que não temos como mudar o comportamento de fenômenos como tsunamis, terremotos ou ciclones.

Agência FAPESP – Mas os acidentes naturais muitas vezes contam com a colaboração das atividades humanas.

Takeuchi – Acidentes naturais são agravados pela ação humana em muitos casos, e isso ocorre em todos os locais, seja em países desenvolvidos ou em desenvolvimento. Então, mais do que a resposta, a prevenção e a adaptação são ainda o melhor caminho de ação para lidar com os desastres. Fenômenos naturais são inexoráveis, mas isto não quer dizer que devemos nos resignar e ser apenas vítimas. Existem soluções inteligentes e produtivas para conviver com a natureza e nos adaptar às suas inevitáveis variações.

Agência FAPESP – Poderia citar algum exemplo?

Takeuchi – Precisamos lidar com isso de maneira integrada. Em 2008, o ciclone Nargis atingiu Myanmar e levou 150 mil vidas. Nesse caso, se o governo local tivesse aceitado a ajuda internacional teria havido muito menos mortes. Por outro lado, a preparação para o ciclone que atingiu Bangladesh em 2007 fez com que apenas 3 mil pessoas fossem vitimadas, devido aos avisos prévios e aos abrigos que foram construídos na costa do país. Do ponto de vista do acidente natural, a enchente da China de 1998 foi tão devastadora quanto às enchentes de 1931 e de 1954 que, juntas, mataram quase 180 mil pessoas. Em 1998, morreram mil pessoas. E isso foi resultado de um investimento importante no trabalho de gerenciamento de enchentes.

3.5 Usinas Geotérmicas

O princípio da utilização de energia geotérmica consiste em aproveitar o calor do núcleo da Terra. A água presente em reservatórios subterrâneos pode aquecer ou até mesmo ferver quando em contato com o magma. Esta água quente ou fervendo pode ser utilizada para aquecer prédios e casas, podendo até gerar energia elétrica devido à existência de muito vapor d'água. A energia geotérmica corresponde a apenas 0,4% da capacidade de geração de energia no mundo. Na Islândia, por exemplo, a água quente é encanada diretamente da natureza e usada no aquecimento das casas. Outros países, como os Estados Unidos, Japão e Nova Zelândia também utilizam energia geotérmica (VICHI & MANSOR, 2009).

As usinas geotérmicas utilizam o vapor produzido em reservatórios aquecidos para a geração de energia elétrica, conduzindo-o até a central térmica. Este vapor faz girar uma turbina que está acoplada a um gerador elétrico, assim como nos demais tipos de usinas para produção de energia elétrica. Após passar pela turbina, a água é resfriada e enviada para ser

novamente aquecida no interior destes reservatórios de rochas naturalmente aquecidas. A utilização de energia geotérmica é uma fonte de energia mais barata do que os combustíveis ou usinas nucleares e não emite poluentes, como gás carbônico ou dióxido de enxofre. Contudo, a energia geotérmica não pode ser considerada uma fonte renovável, uma vez que o fluxo de calor do centro da terra é muito pequeno quando comparado à taxa de extração requerida nas usinas, podendo levar o campo geotérmico ao esgotamento (ARBOIT *et al.*, 2011).

Em termos de danos ao meio ambiente, normalmente as correntes de água ou vapor quente contém gases dissolvidos com o ácido sulfídrico (odor desagradável, corrosivo e nocivo à saúde humana), além da possibilidade de contaminação da água nas proximidades das usinas geotérmicas, devido à natureza mineralizadora das correntes geotérmicas e à disposição dos fluidos utilizados. Normalmente estas usinas são distantes de áreas urbanas, devido ao elevado ruído dos testes de perfuração de poços e pelo aumento da temperatura ambiente nas proximidades da usina (o calor perdido é muito maior do que em outras usinas, aumentando a temperatura).

4. VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS ENERGIAS NÃO RENOVÁVEIS

As energias não renováveis são maioria quando se trata das fontes de energia consumidas atualmente, especialmente por serem fontes que vem sendo utilizadas há muito tempo, com tecnologia e infraestrutura já estabelecidas.

Em termos de custos, geralmente as energias não renováveis têm um valor mais baixo, podendo ser utilizadas também pelos países mais pobres ou em desenvolvimento. O petróleo, por exemplo, não gera apenas combustível, mas também uma série de derivados como parafina, gás natural, nafta petroquímica, produtos asfálticos, querosene, solventes, entre

outros produtos, o que torna o petróleo uma fonte de energia praticamente indispensável na estrutura energética atual (ORTIZ-NETO & COSTA, 2007).

No entanto, previsões apontam que o petróleo poderá chegar à condição de esgotamento. Aliados às crescentes preocupações com o meio ambiente e a saúde, há possibilidade de redução da utilização em grande escala destas fontes energéticas. Desde a década de 1980 houve um alerta por parte dos cientistas sobre o fenômeno do aquecimento global, apresentando evidências de que a temperatura da Terra estava subindo a uma taxa maior do que a esperada pelos registros históricos, devido às ações do homem. A principal causa mencionada seria a queima de combustíveis fósseis, que contribuem para elevação dos níveis de dióxido de carbono na atmosfera, o principal gás de efeito estufa (LEITE & LEAL, 2007). Além disso, os combustíveis fósseis são poluidores ambientais, pois sua combustão emite gases de efeito estufa, e apresentam componentes tóxicos que contaminam solo e águas nos frequentes derramamentos que ocorrem neste tipo de operação (SILVA & FREITAS, 2008).

Os componentes das emissões produzidas durante a combustão, tanto dos motores a diesel quanto à gasolina ou de combustíveis mistos, são classificados em dois grupos: os que não causam danos à saúde (O_2 , CO_2 , H_2O e N_2) e os que representam perigos à saúde. Entre os compostos perigosos, estão regulamentados quanto à emissão: monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x) e material particulado (MP). Dependem ainda de regulamentação: aldeídos, amônia, benzeno, cianetos, tolueno e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) (BRAUN *et al.*, 2003).

Desde o advento das máquinas de combustão interna se conhecem os efeitos tóxicos agudos dos gases de exaustão oriundos de máquinas de combustão. Essas máquinas liberam quantidades de monóxido de carbono

que podem matar por intoxicação uma pessoa, quando funcionando em ambientes fechados, tais como garagens. Por isso, a emissão de CO foi uma das primeiras a ser regulamentada.

A poluição gerada pela combustão de combustíveis fósseis pode causar, em longo prazo, doenças respiratórias, como o câncer do trato respiratório e a fibrose pulmonar, devido à presença de outros compostos químicos, além do CO. Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) formados pela combustão do diesel ligam-se ao DNA das células, processo relacionado ao aumento da incidência de câncer do pulmão. Os HAPs também atuam como estrógeno ambiental, sendo apontado como responsáveis pela redução da fertilidade em machos de várias espécies de aves e mamíferos, inclusive humanos (BRAUN *et al.*, 2003).

Entre os problemas ambientais decorrentes das emissões prejudiciais oriundas da queima de combustíveis fósseis, podemos citar: aquecimento global, chuva ácida, danos à vegetação e às estruturas materiais com significativas perdas econômicas. Destaca-se ainda o *smog* fotoquímico, resultante da interação entre gases NO_x, hidrocarbonetos e a luz solar, que formam produtos de oxidação que irritam os olhos e vias respiratórias.

O aumento dos gases do efeito estufa tem sido tema de diversas discussões, especialmente no último século, e é consequência direta das atividades humanas. O acúmulo destes gases na atmosfera é responsável pelo aquecimento global e ameaça a sobrevivência de muitas espécies animais e vegetais, gera derretimento de parte das geleiras polares e eleva o nível do mar em todo o Planeta. O dióxido de carbono, CO₂, é responsável por 64% dos gases causadores do efeito estufa. Já o setor de transportes é responsável por cerca de um terço das emissões dos gases do efeito estufa no mundo (LEITE; LEAL, 2007).

O Protocolo de Kyoto é um acordo internacional ligado à Convenção das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e estabelece metas obrigatórias

para 37 países industrializados e para a Comunidade Européia para reduzir gases de efeito estufa. Reconhecendo que os países desenvolvidos são os principais responsáveis pelos elevados níveis de emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, como resultado de mais de 150 anos de atividade industrial (LEITE; LEAL, 2007).

O Protocolo de Kyoto foi adotado em Kyoto, no Japão, em 11 de Dezembro de 1997 e entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005. Os países participantes devem cumprir as suas respectivas metas através de medidas nacionais para redução de emissão dos gases. Sendo assim, o Protocolo de Kyoto sugere aos países três mecanismos para cumprimento das metas e estímulo ao investimento em “tecnologias verdes”: (MOREIRA& GIOMETTI, 2008).

- **Comércio de emissões:** Também conhecido como "o mercado de carbono", permite aos países que têm unidades de emissão de gases permitidas, mas que não foram "utilizadas", a comercialização do excesso de capacidade para os países que emitem quantidades excessivas de gases. Criou-se assim uma nova mercadoria na forma de reduções de emissões ou remoções. Como o dióxido de carbono é o principal gás responsável pelo Efeito Estufa, fala-se simplesmente em “mercado de carbono”, que agora é negociado como qualquer outra mercadoria.
- **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo:** Permite que um país com metas de redução ou limites de emissões de gases, execute projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento, cumprindo assim, parte dos objetivos do Protocolo. Este mecanismo estimula o desenvolvimento sustentável e a redução de emissões, permitindo que os países industrializados tenham certa flexibilidade para cumprir as suas metas.
- **Implementação Conjunta:** Permite que um país possa ganhar

unidades de redução de emissões de outro projeto de redução/remoção em outro país, conforme os critérios do Protocolo. A Implementação Conjunta é um meio flexível e com bom custo-benefício para que os países possam cumprir parte das suas metas, proporcionando ao “país anfitrião” investimentos estrangeiros e transferência de tecnologia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Você percebeu o quanto as suas atividades do dia-a-dia são intrinsecamente dependentes de energia elétrica e combustíveis fósseis? Será que isto é realmente sustentável em longo prazo na nossa sociedade, com as taxas de crescimento populacional e com o aumento do consumo? Será que estamos cuidando do meio ambiente a ponto de que nossos netos e bisnetos possam desfrutar de toda a beleza da Natureza que temos conhecimento hoje, mas que já foi muito degradada pela exploração desmedida?

Não podemos negar que a evolução do uso de combustíveis derivados de petróleo e da energia elétrica foi crucial para o desenvolvimento da tecnologia em diversos setores, desde a medicina até a agricultura, bem como o aumento da qualidade de vida.

Porém, devemos estar conscientes da finitude destas reservas e usar o nosso conhecimento para o desenvolvimento e exploração de outras fontes de energia mais sustentáveis. Em um primeiro momento, é bem provável que a maioria destas fontes alternativas de energia tenha custos superiores aos custos das fontes não renováveis. Mas devemos continuar investindo em pesquisas e desenvolvimento de tecnologia para que estas alternativas possam, mesmo que em um futuro um pouco distante, serem as fontes de energia mais utilizadas.

No próximo capítulo, você tomará conhecimento das principais fontes alternativas e renováveis de energia disponíveis. Antes disso, aproveite as atividades propostas a seguir para refletir sobre o seu uso pessoal das fontes de energia não renováveis e como seria possível reduzir o consumo.

6. PROPOSTAS DE ATIVIDADES

- 1) Pesquisar quais são as fontes utilizadas na sua região para gerar energia para produção. Relacionar os produtos e serviços atendidos pela energia gerada e verificar quais implicações e danos ambientais são gerados por cada uma delas.
- 2) Pesquisar qual a proporção de veículos movidos a diesel, gasolina e álcool na sua cidade, fazendo um gráfico. Analisar como estes números podem ser reduzidos e quais os impactos e benefícios desta redução. Apresentar propostas para redução do consumo de combustíveis fósseis.
- 3) Fazer uma lista de todos os eletrodomésticos que você possui em casa e, na medida da disponibilidade da informação, qual a classe PROCEL de cada um. Avalie o seu consumo de energia elétrica ao longo do último ano (ver o histórico na conta de energia elétrica). Propor soluções para reduzir o consumo de energia elétrica.

7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica. – Brasília: ANEEL, 2002.153 p. : il.

ARBOIT, N. K. S.; DECEZARO, S. T.; AMARAL, G. M. *et al.* Potencialidade de utilização da energia geotérmica no Brasil. Revista do

Departamento de Geografia – USP, v. 26, p. 155-168, 2013.

BRASIL, 2005. Atlas de energia elétrica do Brasil/ Agência Nacional de Energia Elétrica, 2. Ed. Brasília: ANEEL, 2005. 243 p.

BRASIL, 2013. Balanço energético Nacional 2013: ano base 2012. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2013. 288 p.

BRASIL/EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2013: Ano base 2012, Rio de Janeiro, 2013, 288 p.

BRAUN, S.; APPEL, L. G.; SCHMAL, M. A poluição gerada por máquinas de combustão interna movidas a diesel- a questão dos particulados. Estratégias atuais para a redução e controle das emissões e tendências futuras. Química Nova, v. 27, n. 3, p. 472-482, 2003.

ENCARNAÇÃO, Ana Paula Gama. Geração de Biodiesel pelos Processos de Transesterificação e Hidroesterificação, Uma Avaliação Econômica - Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2008. 144 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Escola de Química - EQ, 2008.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. Estudos Avançados 21 (59), p. 7-20, 2007.

GONÇALVES, Jussara de Araújo. Esterificação de compostos modelos sobre ácido níobico para produção de biodiesel – Rio de Janeiro, 2007. 165 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Escola de Química – EQ, 2007.

<http://braskem.riweb.com.br/show.aspx?idCanal=Y1vXIS7BgoLxL7WvVwvP5A>. Acesso em 05/04/14.

LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. Novos Estudos, n. 78, p. 15-21, jul/ 2007.

LORA, E. E. S.; NASCIMENTO, M. A. R. (coordenadores). Geração termelétrica: planejamento, projeto e operação. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 2 volumes (1296 p.)

MME- Ministério de Minas e Energia. 2009. http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2009/10_outubro/C

[artilha_prx-sal.pdf](#).

MOREIRA, H. M.; GIOMETTI, A. B. R. Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de projetos em energia limpa. Contexto internacional, Rio de Janeiro, v.30, n.1, p. 9-47, 2008.

ORTIZ NETO, J. B.; COSTA, A. J. D. A Petrobrás e a exploração de Petróleo Offshore no Brasil: um approach evolucionário. RBE. Rio de Janeiro, v. 61, n. 1, p. 95–109, Jan-Mar, 2007.

SANTANA, E. R. R.; SAMPAIO, C. H.; TEIXEIRA, E. C.; *et al.* Caracterização de cinzas sulfatadas de carvão visando utilização na indústria de cimento - reconstrução mineralógica do carvão de Candiota (Brasil). Revista Brasileira de Geociências, v. 41, n.2, São Paulo, jun. 2011.

SANTOS, E. M.; FAGÁ, M. T. W.; BARUFI, C. B.; POULALLION, P. L. Gás natural: a construção de uma nova civilização. Estudos. Avançados, v. 21, n. 59, São Paulo, Jan./Apr. 2007.

SEABRA, A. A.¹; FREITAS, G. P.; POLETTE, M.; CASILLAS, T. Á. V. Apromissora província petrolífera do pré-sal. Revista Direito GV, v.7, n.1, São Paulo, Jan./Jun, 2011.

SILVA, P. R. F., FREITAS, T. F. S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. Ciência Rural, v. 38, n. 03, p. 843-851, 2008.

SOUZA, A; SILVA, C. L. Energia e Meio ambiente: o trade off entre as matrizes. TERCEIRO INCLUÍDO-ISSN 2237-079X – DOI: 10.5216 NUPEAT–IESA–UFG, v.2, n.2, jul./dez., 2012, p. 63–84, Artigo 29

VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. Química Nova, v.32, n.3. São Paulo. 2009.

CAPÍTULO 5 - FONTES ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Vivian Vicentini Kuss

Anelise Vicentini Kuss



A larga utilização de energia não renovável ocasionou, ao longo dos anos, diversos problemas como a poluição ambiental causada pela a emissão de gases como CO₂, principal responsável pelo efeito estufa, além de outros compostos nocivos ao ser humano e ao equilíbrio ambiental como óxidos de enxofre e nitrogênio, além da extrema dependência destas fontes não renováveis.

As energias renováveis têm sido apontadas como a única solução de suprimento de energia para um desenvolvimento econômico e ambientalmente sustentável, propondo que esta substituição das fontes não renováveis se inicie de forma gradual, criando um novo perfil de consumo de energia, sem uma substituição brusca que geraria preços elevados (GOLDEMBERG & LUCON, 2007).

A fonte primária de qualquer energia disponível na Terra é proveniente de ciclos de radiação solar e, por isso, são praticamente

inesgotáveis e não alteram o balanço energético do Planeta. Como exemplos de energias renováveis, citamos a energia solar, que pode ser utilizada para aquecimento de ambientes, de água e produção de eletricidade; a energia hídrica, transformando a energia cinética das águas dos rios em energia elétrica, com tendência a substituição das grandes hidrelétricas por outras de menor porte e menos agressivas ao meio ambiente circundante ao empreendimento; energia eólica, para transformação da energia cinética dos ventos em energia elétrica que tem se firmado como alternativa energética em vários países; e a biomassa, quando plantas, animais e seus derivados podem ser utilizados como combustíveis (PACHECO, 2006). Como vantagens das energias renováveis, podemos citar vários fatores tais como aumento da quantidade e da oferta de energia, garantia de sustentabilidade e renovação de recursos, redução de emissões atmosféricas e poluentes, viabilidade econômica e abundância. A conscientização de todos com o cuidado para com o meio ambiente é o primeiro passo para uma mudança efetiva. No mais, trata-se de investir em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias cada vez menos agressivas e poluentes para o meio ambiente e, conseqüentemente, garantir a sobrevivência dos seres vivos na Terra (LUCON & GOLDEMBERG, 2009).

Simas & Pacca (2013) destacam os principais benefícios socioeconômicos produzidos pelas energias renováveis: a inovação tecnológica e o desenvolvimento industrial; a geração distribuída e a universalização do acesso à energia; o desenvolvimento regional e local, especialmente em zonas rurais; e a criação de empregos.

1. HISTÓRICO

A crise do petróleo que se instaurou nas últimas décadas, aliada ao aumento da demanda por combustíveis e à crescente preocupação com o meio ambiente, incentivou a busca de fontes alternativas de energia no

Brasil e no mundo. As pesquisas têm se concentrado no desenvolvimento de novos insumos básicos, de caráter renovável, para a produção de combustíveis que possam substituir especialmente os derivados de petróleo, o que coloca a biomassa em papel de destaque, em razão da sua natureza renovável, ampla disponibilidade, biodegradabilidade e baixo custo. (SUAREZ *et al.*, 2009).

Além da preocupação com o aumento do preço do petróleo ao longo dos anos, emergiu nos anos 1970 a preocupação com a qualidade do ar nas grandes cidades e com os efeitos negativos das emissões veiculares. O interesse pelos biocombustíveis reapareceu, e os grandes produtores e usuários de álcool, Estados Unidos e Brasil, passaram a investir neste aspecto de uma forma séria e intensa, enquanto outros países, como o Japão e os da União Europeia, mantiveram um interesse mais reduzido pelo assunto (LEITE & LEAL, 2007).

A introdução da injeção eletrônica e do catalisador de três vias nos veículos automotivos, na segunda metade da década de 1990, favoreceu a redução das emissões no escapamento, e o efeito poluidor desses veículos deixou de ser uma grande preocupação, embora continuasse a motivação para uso do álcool. Houve competição entre o metanol e o etanol pelo mercado de álcool combustível, e o etanol ganhou o mercado (LEITE & LEAL, 2007).

O aumento da demanda por combustíveis líquidos, o aquecimento global causado pelo efeito estufa, questões de segurança energética devido à redução de reservas petrolíferas e a vontade política para favorecer o desenvolvimento nos campos agrícola, social e energético são novas áreas de interesse e oportunidades para pesquisas e desenvolvimento na Academia e na Indústria, pois são as forças motoras responsáveis pela renovação do interesse na produção de biocombustíveis (DABDOUB & BRONZEL, 2009).

CAPÍTULO 4 – GERAÇÃO DE ENERGIA

No Brasil, com a crise do petróleo e do açúcar, importantes programas de desenvolvimento de fontes de energia alternativas foram criados: o Pró-Óleo (1975), o Proálcool (1977) e o Pró-diesel (1980). O Pró-Óleo – Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos – foi incentivado em 1975, sob a coordenação do Ministério da Agricultura. Embora tenha sido constatada a viabilidade técnica do biodiesel como combustível, esse e outros programas foram paralisados devido ao impedimento em escala industrial, uma vez que o biodiesel não era competitivo frente ao diesel (GONÇALVES, 2007).

É interessante observar que, a cada crise do petróleo, novas perspectivas para fontes alternativas de energia iam surgindo no Brasil e no Mundo. A figura abaixo ilustra rapidamente a evolução do álcool e o do biodiesel no Brasil, a partir do primeiro choque do petróleo em 1973 até janeiro de 2010, quando se tornou obrigatório o uso de B5 (5% de biodiesel adicionado ao diesel mineral).

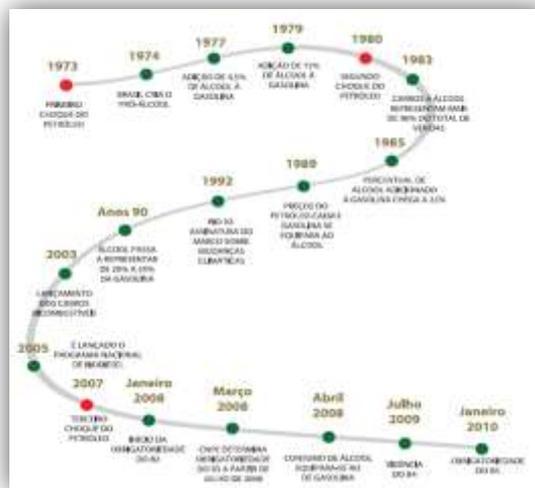


Figura 1 - Evolução dos biocombustíveis no Brasil..

FONTE: ANP.

Discutiremos a seguir as principais fontes de energia alternativas e

renováveis, como usinas hidrelétricas, eólicas e oceânicas, além das possibilidades de aproveitamento das diversas fontes de biomassa.

2. USINAS HIDRELÉTRICAS

As usinas hidrelétricas são instalações que utilizam a energia da queda d'água de um rio para a geração de energia elétrica. Grande parte da energia produzida no Brasil é proveniente das hidrelétricas, que são consideradas fontes limpas de energia.

A configuração mais comum de uma usina hidrelétrica consiste na construção de uma barragem, criando um grande reservatório de água disponível. Esta água é represada e conduzida, através de dutos, para o interior de uma casa de força. A energia da queda d'água associada ao volume deste grande reservatório movimentada turbinas que estão acopladas a um gerador elétrico, produzindo assim energia elétrica que será distribuída através das linhas de transmissão. O vertedouro também é uma parte importante desta estrutura para que o excesso de água na época de chuvas intensas possa ser escoado.

As usinas hidrelétricas são consideradas fontes de energia limpa, além de ser uma das fontes de energia mais baratas e também menos agressiva ao meio ambiente quando comparada a outras fontes energéticas. No entanto, os custos de instalação destas usinas são elevados. Adicionalmente, a instalação de hidrelétricas implica em vários inconvenientes ambientais tais como alagamento de áreas vizinhas (áreas produtivas ou florestas); aumento no nível dos rios com consequente alteração da fauna e flora da região. Ainda há de se considerar que este tipo de usina normalmente está afastado dos grandes centros de consumo, necessitando investir em longas linhas de transmissão de energia, o que ocasiona perda de energia ao longo do trajeto (QUEIROZ *et al.*, 2013).

3. USINAS EÓLICAS

As usinas eólicas utilizam o mesmo princípio dos moinhos de ventos de antigamente que eram utilizados para bombear água para irrigação: o vento atinge uma hélice que ao se movimentar aciona uma bomba, ou como é o caso atualmente, aciona um gerador elétrico. As hélices das usinas eólicas atuais são mais aerodinâmicas e eficientes do que as dos antigos moinhos, e estão conectadas a um eixo ligado a um gerador elétrico.

Devido a incentivos, a energia eólica levou ao aumento da sua participação na geração de energia em diversos países, ocorrendo um alto crescimento a partir de 1996. Em 2011, a capacidade eólica em operação no mundo chegou a 238 GW (GWEC, 2012). Com a crise financeira de 2008 na Europa e nos Estados Unidos, o mercado de energia eólica voltou seus investimentos para mercados emergentes, como o Brasil (SIMAS & PACCA, 2013).

As usinas eólicas podem ser instaladas tanto em terra quanto no mar. As turbinas normalmente têm dezenas de metros de diâmetro e são fáceis de construir. A Europa é a região do mundo onde mais se aproveita a energia eólica. A Figura 3 mostra uma visão geral de uma usina eólica instalada.



Figura 2–Visão geral de uma usina eólica.

As usinas eólicas também são uma fonte de energia limpa, pois não emitem gases do efeito estufa e podem ser instaladas em locais isolados. No entanto, por serem dependentes do vento, são um sistema intermitente, necessitando de complementação com usinas de outro tipo ou armazenamento da energia produzida em baterias (LEITE *et al.*, 2006). Em termos de custo benefício, os custos ainda são elevados devido à baixa eficiência deste tipo de instalação. Em termos ambientais, são gerados transtornos aos pássaros em migração, com ruídos das turbinas (TERCIOTE, 2002).

4. ENERGIA SOLAR

O princípio de aproveitamento da luz do sol consiste em transformar os raios solares através da conversão direta da luz natural em energia elétrica, o chamado efeito fotovoltaico. O efeito fotovoltaico ocasiona o surgimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de um material semicondutor, que é produzido pela absorção da luz solar. A energia gerada pode ser acumulada em baterias para utilização posterior. A grande vantagem da energia solar é que estes sistemas podem ser instaladas em qualquer local, mesmo os mais isolados, dispensando a necessidade de linhas de transmissão de energia elétrica. No entanto, os custos de implantação ainda são elevados e os usos mais comuns da energia solar ainda são para aquecimento de água, sem a produção de eletricidade. A indústria tem investido no desenvolvimento de materiais que possam absorver melhor a luz do sol, aumentando a eficiência da tecnologia e deve-se considerar também a necessidade de cuidado no descarte destes materiais, pois são fabricados com ácidos e materiais pesados que podem causar sérios danos ambientais se não forem descartados corretamente. (SANTOS & JABBOUR, 2013).

5. ENERGIA DOS OCEANOS

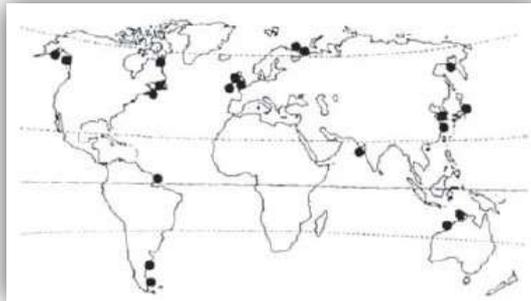


Figura 3 – Principais locais no mundo onde as marés são mais adequadas para a sua exploração

Fonte: LEITE Neto *et al.*, 2011.

Os oceanos têm um grande potencial de geração de energia que pode ser mais bem aproveitado, em vários locais do Planeta (Figura 4). O aproveitamento da energia dos oceanos ainda é pouco conhecido no Brasil, especialmente porque é uma tecnologia relativamente nova e pouco utilizada, especialmente quando comparada com outras energias alternativas como a energia eólica e a energia solar. Os custos de implantação deste tipo de empreendimento ainda são elevados, o que coloca esse tipo de fonte energética em desvantagem econômica na competição com outras tecnologias. Pode-se aproveitar a energia dos oceanos através das marés (energia das marés; maré motriz) associada às correntes marítimas, e também a energia das ondas, esta com maior potencial de exploração. No caso das marés, utiliza-se o movimento de elevação das marés para encher reservatórios e movimentar comportas. Uma vez que o nível do mar diminui, a comporta se abre e forma uma queda d'água que aciona uma turbina ligada a um gerador elétrico. Como os movimentos das marés são regulares, de 12h em 12h, torna-se possível aproveitar esta fonte de energia. Já no caso da energia das ondas, o movimento ondular é capaz de acionar uma turbina a qual está acoplada um gerador elétrico, como no esquema da

Figura 5. Pode-se aproveitar o movimento das ondas tanto próximo à costa quanto em alto mar, com a utilização de uma espécie de bóias que fazem a mesma função do reservatório construído próximo à costa (LEITE Neto *et al.*, 2011).

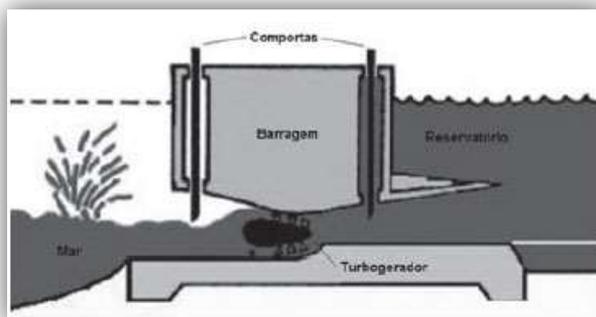


Figura 4-Esquema ilustrativo dos componentes de uma usina maremotriz

Fonte: LEITE Neto *et al.*, 2011

A energia elétrica obtida a partir das ondas ou das marés é uma energia limpa, renovável e não produz nenhum tipo de poluição. No entanto, necessita uma geometria especial da costa marítima de ondas com grande amplitude, além de impossibilitar a navegação na maioria dos casos e de ocorrer grande deterioração do material dos equipamentos devido ao contato com água salgada. Segundo Leite Neto *et al.*, (2011), algumas alterações ambientais podem ser verificadas, como: distribuição das espécies dentro do estuário, composição do grupo de espécies (algumas podem desaparecer, enquanto outras espécies podem surgir), nos ciclos de vida de algumas espécies (taxas de crescimento e reprodução).

6. BIOMASSA

Biomassa é um recurso renovável e é todo material oriundo de matéria orgânica, seja de origem animal ou vegetal. A biomassa tem potencial para ser utilizada nas mais diversas aplicações para geração de

energia elétrica, combustível, geração de calor, entre outros. A figura abaixo ilustra uma série de fontes de biomassa e suas possibilidades de aplicações.

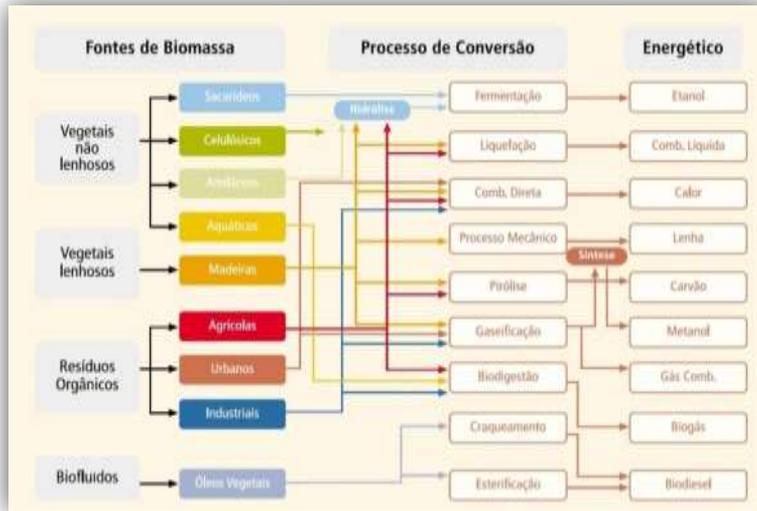


Figura 5 - Diagrama esquemático dos processos de conversão energética de biomassa.
Fonte: Atlas de energia elétrica do Brasil 1ª edição – 2002 – ANEEL.

Muitos destes processos já se encontram em larga aplicação no Brasil e no mundo, como é o caso da produção de etanol e biodiesel. O número de automóveis movidos a álcool ou a biodiesel, sejam como combustíveis puros ou em misturas, tem aumentado nos últimos anos, impulsionado pelas preocupações com o meio ambiente ou em atender à demanda de combustíveis interna de cada país.

No entanto, outras tecnologias como a gaseificação para produção de metanol ou gás de síntese, craqueamento para produção de biodiesel, hidrólise seguida de fermentação para produção do chamado etanol de segunda geração (a partir dos resíduos da cana), entre outros processos e produtos, ainda precisam de mais investimentos em pesquisas e desenvolvimento, especialmente empreendendo esforços para tornar estas tecnologias mais viáveis economicamente.

Neste item, daremos destaque a dois produtos de biomassa que já estão sendo largamente utilizados pelo setor de transporte: o biodiesel e o etanol, mostrando a evolução destas tecnologias e o cenário atual do país nesta área.

6.1 Biodiesel

Segundo a Resolução da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis ANP n. 7, de 19/3/2008, o biodiesel (B100) é definido como um combustível composto de alquil ésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais. A mistura óleo diesel/biodiesel, denominada BX, é um combustível comercial composto de (100-X)% em volume de óleo diesel e X% em volume do biodiesel.

O biodiesel apresenta uma série de vantagens quando comparado aos combustíveis derivados de petróleo: é livre de enxofre e outros compostos aromáticos em sua maioria cancerígenos; possui alto número de cetanos (quanto maior o número de cetanos, melhor é qualidade da combustão); maior ponto de fulgor (quanto menor o ponto de fulgor, menor é risco de formar-se uma mistura inflamável por fonte externa de calor); menor emissão de partículas como hidrocarbonetos, monóxido de carbono e dióxido de carbono; não é tóxico e também é biodegradável; baixo risco de explosão, o que facilita o transporte e armazenamento; além de ser ótimo lubrificante para motores.

O biodiesel é tipicamente produzido através da reação de óleos ou gorduras com álcool - metanol ou etanol - na presença de catalisadores, produzindo ésteres e glicerina – que precisa ser separada do biodiesel. Qualquer substância que contenha triglicerídeos em sua composição pode ser utilizada como matéria-prima para a produção de biodiesel.

As matérias-primas para produção de biodiesel podem ser divididas em três categorias: óleos, gorduras e óleos e gorduras residuais. Todos os

óleos e gorduras vegetais ou animais, residuais ou não, são triglicerídeos de ácidos graxos que podem ser transformados em biodiesel. Os triglicerídeos são encontrados em óleos e gorduras como algodão, amendoim, dendê, girassol, mamona, pinhão manso, soja, óleo de peixe, sebo bovino, entre outros, além de óleos e frituras residuais (PARENTE, 2003).

Os óleos comumente utilizados como matéria-prima para síntese de biodiesel são os óleos de soja, nos Estados Unidos, óleo de canola (colza) na Europa e óleo de palma na Malásia e Indonésia (que exporta 80% de sua produção para Japão, Austrália, China e Índia). No entanto, cada tipo de óleo origina um tipo de biodiesel com características particulares e diferentes conforme o tipo de óleo (PRATES *et al.*, 2007).

No Brasil, o óleo de soja continua sendo a principal matéria-prima para a produção de biodiesel, seguido pelo sebo bovino (ver figura abaixo) Embora a soja seja a principal matéria-prima para produção de biodiesel no País, há potencial para cultivo de outras oleaginosas com maiores rendimentos de óleo por hectare e também cultivares específicas para cada região do país, tais como algodão, amendoim, girassol, dendê, mamona, canola e pinhão manso.

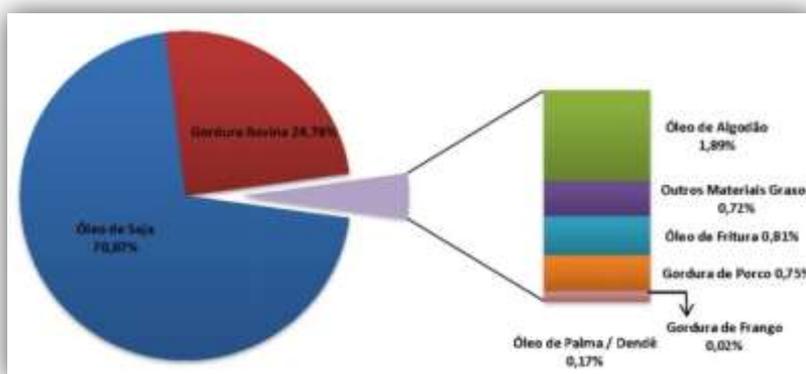


Gráfico 1 - Matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel.

FONTE: Boletim mensal do biodiesel -fevereiro de 2014.

Atualmente existem 63 usinas produtoras de biodiesel autorizadas pela ANP para operação no País, correspondendo a uma capacidade total autorizada de produção de 21.857,79 m³/dia. No Rio Grande do Sul existem 9 usinas em operação, 1 usina autorizada para construção e 1 para ampliação da capacidade de produção (Boletim ANP fev/2014).

A região sul ocupa o segundo lugar na produção de biodiesel, com 41,8% da produção do País, tendo à sua frente apenas a região centro-oeste (43,5%). Na região sul, predomina a utilização de óleo de soja (69,57%) e gordura bovina (28,13%) como matérias-primas para a produção de biodiesel (Boletim ANP fev/2014).

A incorporação do biodiesel à matriz energética constitui um ganho ambiental significativo devido à redução das emissões, pois parte do gás carbônico emitido na queima do combustível é absorvida durante o crescimento da cultura da matéria-prima utilizada na sua produção. Na Europa, as emissões de gases de efeito estufa resultantes da queima de biodiesel produzido a partir de canola e soja têm sido avaliadas desde a última década, bem como os ésteres metílicos. Os resultados, relativos ao biodiesel puro, indicam uma redução de 40% a 60% das emissões verificadas no diesel mineral (BERMANN, 2008).

O uso do biodiesel reduz as principais emissões associadas ao diesel derivado de petróleo, como por exemplo, de óxidos de enxofre (SO_x). A redução é proporcional à quantidade misturada ao diesel. Há redução de aproximadamente 10% das emissões de materiais particulados quando se usa a mistura de 20% de biodiesel. O uso desse combustível também diminui as emissões de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs), que são responsáveis pelo desenvolvimento de vários tipos de câncer (BERMANN, 2008).

Quanto às questões ambientais, Garcez e Viana (2009) consideram que há duas grandes motivações para adoção do uso de biodiesel: potencial

de redução de emissões de CO₂ e produção de biodiesel de uma variedade de matérias-primas. Neste contexto, o biodiesel desponta como alternativa para a diminuição da emissão de poluentes como o monóxido de carbono (CO), por exemplo. O monóxido de carbono é formado devido à combustão incompleta do diesel mineral e é conhecido como a “fumaça negra” dos veículos. Esta redução das emissões se deve à existência de moléculas de oxigênio na estrutura do biodiesel, promovendo a combustão completa e minimizando a geração de poluentes (ENCARNAÇÃO, 2008).

A combustão do biodiesel e suas misturas emitem menos gases que a dos combustíveis derivados do petróleo, pois reduz significativamente os teores de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs), HAPs nitrogenados, fumaça e particulados em relação ao diesel. No entanto, aumenta o teor de NO_x, acroleína e formaldeído (QUINTELLA *et al.*, 2009).

6.2 Etanol

O etanol é um álcool, também denominado álcool etílico (C₂H₅OH), derivado de biomassa renovável, como cana-de-açúcar, beterraba, milho e mandioca, embora também possa ser obtido por outros processos como no refino de petróleo. No Brasil, o álcool é produzido predominantemente pelo processo de fermentação por leveduras do caldo extraído da cana-de-açúcar. Em outros países, como Estados Unidos e China, o etanol é produzido a partir do milho; já na Europa a matéria-prima mais usual é a beterraba. A matéria-prima utilizada para a produção do etanol depende das condições climáticas de cada região, de acordo com as culturas que mais se adaptam a estes locais. (SALLA *et al.*, 2009).

Em relação ao etanol combustível comercializado no país, existe o etanol hidratado e o etanol anidro. O etanol combustível hidratado é o combustível utilizado nos carros a álcool e do tipo *flexfuel*, com

aproximadamente 7% de água em sua composição. Já o etanol anidro tem um teor máximo de 0,7% de água na composição e é o etanol que no Brasil é misturado à gasolina (atualmente na proporção de 25%). Além do etanol para uso combustível, também é comum o uso do etanol para limpeza e para esterilização na área da saúde. Nestes casos, o teor de água varia de 2% a 30%, respectivamente. No Brasil, a cana-de-açúcar é a matéria-prima utilizada em 97,6% das usinas de etanol autorizadas, do total de 376 usinas produtoras de etanol ratificadas pela ANP para operação no País. A capacidade total autorizada de produção no país é de 197.961 m³/dia de etanol hidratado e 101.293 m³/dia de etanol anidro (MACEDO, 2007). A região com maior capacidade de produção é a região sudeste, que é responsável por 60% da produção de etanol anidro e 57,8% da produção de etanol hidratado, com 214 usinas autorizadas (56% do total). A região Sul (Paraná e Rio Grande do Sul) produz, aproximadamente, 5% e 6% de etanol anidro e hidratado, respectivamente, com 8% do total de usinas no país. No Rio Grande do Sul, existem apenas duas usinas ratificadas pela ANP para produção de etanol (Boletim Etanol ANP).

A utilização de etanol como combustível para motores também auxilia na redução da emissão dos gases do efeito estufa, quando comparado à emissão de poluentes resultantes da queima de combustíveis derivados de petróleo. Em termos de produtividade, a cana é o vegetal com uma das maiores produtividades por área cultivada, sendo que a quantidade de combustível produzida por unidade de área é muito superior à de qualquer outra cultura, considerando as tecnologias disponíveis atualmente (SALLA *et al.*, 2009).

O balanço energético ou ciclo de vida é a razão entre a energia obtida e a energia total utilizada para produzir esta quantidade de energia. O balanço energético para o etanol de cana está na ordem de 8,2 a 10,5, enquanto que o etanol produzido a partir de milho nos EUA tem um balanço

energético entre 1,0 a 1,4, demonstrando que o etanol de cana produzido no Brasil é um combustível limpo, renovável e competitivo em relação à gasolina, tanto no mercado interno quanto no mercado externo.

BIOREFINARIAS

O conceito de biorefinaria é dinâmico e está em desenvolvimento constante. Sendo assim, pode-se definir, inicialmente, que uma biorefinaria é uma instalação industrial que integra processos de conversão de biomassa em biocombustíveis, insumos químicos, materiais, alimentos, rações e energia.

Jong *et al* (2005) definem biorefinaria como uma indústria que integra processos de conversão de biomassa e equipamentos para co-produção de combustíveis, compostos químicos e energia a partir de variadas fontes de biomassa. Conforme Fernando *et al.* (2006), o conceito de produtos gerados a partir de biomassa não é novo, mas a idéia de comparar essa produção de forma semelhante à indústria petrolífera, é recente. Nesse caso, o principal objetivo é transformar materiais orgânicos em produtos úteis, em indústrias processadoras, usando uma combinação de tecnologia com processos biotecnológicos.

Santos *et al.* (2010) descrevem biorefinaria como uma estrutura análoga às refinarias de petróleo, que produzem múltiplos combustíveis e produtos, a partir do petróleo. Nas biorefinarias são identificadas rotas promissoras para criar uma economia com base sustentável.

O objetivo de uma biorefinaria é otimizar o uso de recursos, minimizar efluentes e maximizar os benefícios e o lucro. Como exemplos de biorefinarias com tecnologia já estabelecida, podemos citar as usinas

produtoras de açúcar, etanol e bioeletricidade a partir da cana; e fábricas de óleo, rações, biodiesel e outros derivados a partir da soja.

Santos *et al.* (2005) descrevem três tipos de biorefinarias:

- a) **Biorefinaria agrícola:** utiliza o grão inteiro para a obtenção do produto desejado. A conversão da biomassa e energia se inicia pela separação mecânica da biomassa em componentes diferentes que são tratados separadamente, como a produção de etanol a partir do milho.
- b) **Biorefinaria verde:** utiliza a biomassa (por exemplo, plantas verdes e grãos) industrialmente para gerar produtos químicos (como ácido lático e aminoácidos), produtos de química fina, fibras e energia oriunda da geração de biogás. Nesse caso, a primeira etapa é o tratamento da biomassa verde, produzindo uma torta prensada rica em fibra e um suco verde rico em nutrientes. A torta prensada contém substâncias como celulose, amido, corantes e pigmentos que servem de matéria-prima para a produção de produtos químicos. O suco verde inclui proteínas, aminoácidos livres, ácidos orgânicos, corantes, enzimas dentre outras substâncias que podem servir de insumos para a produção de ácido lático e etanol, por exemplo.
- c) **Biorefinaria de materiais lignocelulósicos:** mais desenvolvida que as anteriores, esta biorefinaria usa variadas fontes de biomassa para a produção produtos por meio de uma combinação de tecnologias. Nesse caso, há três frações químicas básicas, que são tratadas por diferentes processos tecnológicos e geram diferentes produtos: hemicelulose (polímeros de açúcar com cinco carbonos), celulose (polímeros de glicose com seis carbonos) e lignina (polímeros

de fenol).

Segundo Goldemberg (2009), há várias tecnologias de conversão energética da biomassa que podem ser aplicadas em pequena e grande escala, como gaseificação, cogeração de calor e eletricidade, recuperação de energia de resíduos sólidos urbanos e gás de aterros sanitários, além da produção de biocombustíveis para o setor de transportes (etanol e biodiesel). Há um crescente interesse no desenvolvimento de sistemas integrados para a co-produção de matéria-prima energética e outros produtos agrícolas, a fim de obter economias significativas no custo e benefícios ambientais.

7. PROPOSTAS DE ATIVIDADES

1) Diagnóstico (BRASIL, 2005).

Pedir que os alunos verifiquem os aparelhos domésticos de suas casas e façam duas listas: uma com os aparelhos que utilizam eletricidade para funcionar e outra daqueles que não precisam. Objetivo da atividade: identificar e discutir a necessidade e o nível de dependência da eletricidade em nossas vidas.

2) Propostas de economia (BRASIL, 2005).

Solicitar aos alunos para identificar as formas de consumo de eletricidade em suas casas e as atitudes que poderiam adotar para reverter em economia de eletricidade em suas residências. Objetivo: elaborar propostas de ampliação das formas econômicas do uso de energia. O diagnóstico pode ser enriquecido verificando-se, na escola ou em casa, mês a mês, lendo os dados da conta de luz: consumo em KWH e o preço pago no

total e por unidade de energia.

- 3) Vantagens e desvantagens do uso de diferentes fontes energéticas (BRASIL, 2005).

Relacionar as vantagens e desvantagens econômicas e ambientais das seguintes fontes energéticas: energia hidráulica, energia térmica, energia nuclear, energia eólica, energia solar. Os alunos que se dedicarem a este tema devem dirigir-se ao Órgão de Meio Ambiente e à Companhia de Energia de sua cidade ou pesquisar o assunto na internet. Sugerimos alguns sites: www.eletrobras.gov.br/procel/, www.energiabrasil.gov.br.

- 4) Analisando o consumo de energia (BRASIL, 2005).

Para realizar esta tarefa, os alunos deverão analisar as contas de energia elétrica de suas casas nos último 6 ou 12 meses. Objetivo: avaliar a causa da oscilação no consumo de energia. Os alunos deverão analisar os seus hábitos e dos demais. As perguntas a seguir devem ajudar nesta tarefa: o chuveiro elétrico está regulado de acordo com a temperatura do dia? Quanto tempo duram os banhos de seus familiares? Existem lâmpadas acesas sem necessidade em sua residência? Ao sair de um cômodo da casa, a luz é apagada? Em que locais da casa as lâmpadas ficam acesas por mais de quatro horas? Que tipo de lâmpada é utilizado nesses locais? Algum aparelho fica ligado sem necessidade (televisão, ar-condicionado, som, computador etc.)? Qual é o estado da fiação elétrica? A máquina de lavar é preenchida em sua capacidade máxima? A geladeira e o freezer são utilizados com eficiência? Solicitar que os alunos analisem suas respostas e identifiquem onde está havendo desperdícios. Anotar as propostas e elaborar cartazes.

8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. *Ciência e Cultura*, v. 60, n.3, p. 20-29, set/2008.

BRASIL, 2005. Impactos ambientais da energia elétrica (Consumo sustentável: Manual de Educação. Brasília: Consumers International \ MMA\MEC\IDEC\2005.160 p. ISBN 85-87166-73-5.

DABDOUB, M. J.; BRONZEL, J. L. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. *Química Nova*, v. 32, n. 3, p. 776-792, 2009.

Disponível em <http://www.anp.gov.br/?id=470>

ENCARNAÇÃO, Ana Paula Gama. Geração de Biodiesel pelos Processos de Transesterificação e Hidroesterificação, Uma Avaliação Econômica - Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2008.144 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Escola de Química - EQ, 2008.

FERNANDO, S.; ADHIKARI, S.; CHANDRAPAL, C.; MURALI, N. Biorefineries: Current Status, Challenges and a Future Direction. *Energy & Fuels*, n. 20, p. 1727-1737, 2006.

FERREIRA, M. H. G.; OLIVEIRA, D. L. Um panorama do biodiesel: novo combustível para o Brasil. *Revista Gestão e Tecnologia*. ISSN 2176-2449. Edição III, p. 46-59, jan/fev 2010.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. *Química Nova*, v. 32, n. 3, p. 582-587, 2009.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. *Estudos Avançados* n. 21, v. 59, 2007.

GONÇALVES, Jussara de Araújo. Esterificação de compostos modelos sobre ácido níobico para produção de biodiesel – Rio de Janeiro, 2007. 165 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Escola de Química – EQ, 2007.

<http://www.eletronuclear.gov.br/SaibaMais/Espa%C3%A7odoConhecimento/Pesquisaescolar/FontesdeEnergia.aspx> Acesso em 06/04/14

JONG, E., REE, R., TUIL, R. F., ELBERSEN, W., (2005). Biorefineries for the Chemical Industry – A Dutch point of view. In: Proceedings of the 2005 annual meeting of the association for the Advancement of Industrial Crops: International Conference on Industrial Crops and Rural Development, 17-21 September 2005, Murcia, Spain.

LEITE NETO, P. B.; SAAVEDRA, O. R.; CAMELO, N. J.; *et al.* Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, v. 19, n. 2, pp. 219-232, 2011.

LEITE, A. P.; BORGES, C. L. T.; FALCÃO, D. M. Modelagem de usinas eólicas para estudos de confiabilidade. *Revista Controle & Automação*, v.17,n.2, Abril, Maio e Junho, p. 177-188, 2006.

LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. *Novos Estudos*, n. 78, p. 15-21, jul/ 2007.

LUCON, O.; GOLDEMBERG, J. Crise financeira, energia e sustentabilidade no Brasil. *Estudos Avançados* n. 23, v. 65, 2009.

MACEDO, I. Situação atual e perspectivas do etanol. *ESTUDOS AVANÇADOS* n. 21, v.59, p. 157 – 165. 2007.

PACHECO, F. Energias Renováveis: breves conceitos. *Conjuntura e Planejamento*, n. 149, p. 4-11, Salvador, Outubro/2006.

PARENTE, E. J. S. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Unigráfica, 2003.66 p.

PRATES, C. P. T.; PIEROBON, E. C.; COSTA, R. C. Formação do mercado de biodiesel no Brasil. *Revista BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 25, p. 39-64, mar. 2007.

QUEIROZ, R.; GRASSI, P.; LAZZARE, K. *et al.* Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET*. e-ISSN 2236 1170 - v. 13 n. 13 Ago. 2013, p. 2774- 2784.

QUINTELLA, C. M.; TEIXEIRA, L. S. G.; KORN, M. G. A.; COSTA NETO, P. R.; TORRES, E. A.; CASTRO, M. P.; JESUS, C. A. C. Cadeia do biodiesel da bancada à indústria: uma visão geral com prospecção de tarefas e oportunidades para P&D&I. *Química Nova*, v.32, n.3, p. 793-808. São Paulo, 2009.

RAMOS, L. P.; KUCEK, K. T.; DOMINGOS, A. K.; WILHELM, H. M. Biodiesel: um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, n. 31, p.28-37, 2003.

RODRIGUES, R. A. (coord.) Relatório final do grupo de trabalho interministerial encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização de óleo vegetal – biodiesel como fonte alternativa de energia. Brasília, dezembro de 2003.

SALLA, D. A.; FURLANETO, F. V. B.; CABELLO, C.; KANTHACK, R. A. D. Avaliação energética da produção de etanol utilizando como matéria-prima a cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.8, p.2516-2520, nov, 2009.

SANTOS, A. C.; BRESSAN FILHO, Â.; GAZZONI, D.; CONTINI, E.; ABREU, F. R.; VIEIRA, J. N. S.; RAMALHO, J.; MAGALHÃES, L. J. A. Plano Nacional de Agroenergia – EMBRAPA – Brasília – DF – 2005.

SANTOS, J. B.; JABBOUR, C. J. C. Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais. *Saúde e Sociedade*. São Paulo, v.22, n.3, p.972-977, 2013.

SANTOS, M. F. R. F.; BORSCHIVER, S.; COUTO, A. P. G. Biorefinery in Brazil: New Technological Trends Adopted by Domestic Companies. *Journal of technology management & innovation*, v.5, n.2, Santiago. Ago 2010.

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. *Estudos Avançados*, v.27, n.77, p. 99-115, 2013.

SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, A. L. F.; RODRIGUES, J. P.; ALVES, M. B. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los. *Química Nova*, v. 32, n. 3, p. 768-775, 2009.

TASHTOUSH, G.; AL-WYDYAN, M. I.; AL-SHYOUKH, A. O. Combustion performance and emissions of ethyl ester of a waste vegetable oil in a water-cooled furnace. *Applied Thermal Engineering*, v.23, p. 285-293, 2003.

TERCIOTE, R. A energia eólica e o meio ambiente. Ano 4. Encontro de Energia no Meio Rural, 2002.