

# Poluentes Atmosféricos

ADS – FACENS  
Prof. Daniel Bertoli Gonçalves

## Definição

O que é um Poluente Atmosférico?

- Qualquer **substância liberada no ar** que, pela sua **concentração**, possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde do homem e/ou do meio-ambiente.
- Substâncias: Gases e Partículas (sólidas ou líquidas)

## Poluentes Atmosféricos

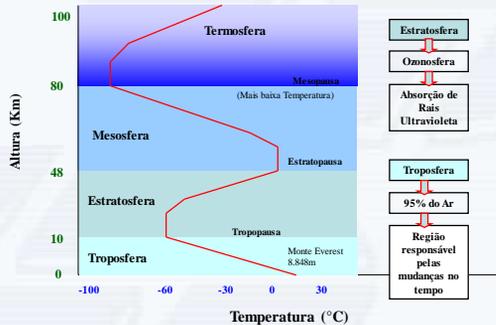


## Atmosfera

- A atmosfera é constituída de vários componentes (gases) que são responsáveis pela manutenção da vida na terra.
- As características dessa camada só é encontrada no planeta terra devido a sua localização no sistema solar, o que deve ser uma das explicações para a existência de vida neste planeta.
- o que chamamos de AR é constituído em quase sua totalidade de gases, poeiras, organismos vivos, etc.

CETEST RIO

### ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA DA ATMOSFERA



A camada gasosa que envolve a Terra é composta principalmente de nitrogênio (78%), oxigênio (21%) e argônio (1%). A temperatura sofre imensas variações conforme a altitude, indo de -50 °C a 1.000 °C



## Consequências da Poluição

- Contaminação ambiental
- Problemas de saúde
- Névoas e Neblinas
- Chuvas Ácidas
- Efeito Estufa – Aquecimento Global
- Buraco na Camada de ozônio

## Fontes de Poluição

- Naturais
- Antropogênicas  
– da atividade humana.

## Fontes de poluição do ar Naturais

- Vulcões – as erupções vulcânicas lançam para a atmosfera grandes quantidades de poeiras e cinzas, bem como enxofre e cloro.
- Pólen – as plantas produzem grandes quantidades de pólen que são responsáveis por alergias e outros problemas de saúde.
- Tempestade de areia – lançam areia e pó a grandes distâncias, colocando uma enorme quantidade de partículas na atmosfera.
- Incêndios florestais – responsáveis pela emissão de monóxido e dióxido de carbono, bem como fumos e cinzas.
- Atividade de plantas e animais – emissão de metano.

## Antropogênicas

- ☞ Fontes estacionárias – Centrais termoelétricas, fábricas, incineradoras, etc.
- ☞ Fontes móveis – Meios de transporte.
- ☞ Incêndios florestais controlados ou outros causados pelo Homem.
- ☞ Queima doméstica de lenha, carvão, gasóleo ou outros combustíveis para cozinhar ou para aquecimento.
- ☞ Substâncias voláteis libertadas de tintas, vernizes, solventes, revestimentos, eletrodomésticos, aerossóis.
- ☞ Resíduos em aterro – libertam metano.
- ☞ Atividades militares – liberam substâncias radioativas e gases tóxicos.



## Fatores agravantes

- **A TEMPERATURA** - A instabilidade térmica é a condição ideal para dispersar poluentes no ar, executando o processo de convecção, onde uma massa de ar mais quente sobe e se expande por toda a troposfera.
- **A PRECIPITAÇÃO** – Os poluentes podem ficar presos nas gota desde a formação das mesmas pelos núcleos de condensação até quando ela cai.
- **OS VENTOS** – São os principais responsáveis por arrastar os poluentes para locais mais distantes de suas fontes...

## Controle de Poluentes: Fontes Estacionárias

- A gestão de fontes estacionárias de poluição atmosférica divide-se basicamente em:

### ✓ Ações Indiretas

### ✓ Ações Diretas

## Ações Indiretas

- Localização da fonte:
  - Afastamento “fonte X receptores”, aproveitamento da diluição atmosférica, tipo de poluente, vazão, direção dos ventos, mananciais, vegetação (APP, áreas agrícolas, etc.) relevo e condições de dispersão dos poluentes, entre outros
- Altas chaminés:
  - Controle complementar - facilita a dispersão
- Tecnologias de produção mais limpa (P+L):
  - primeira opção na gestão de fontes de poluição
- Técnicas de redução na fonte:
  - Ambientalmente mais eficiente que qualquer ação direta

## Ações Diretas

- Ações de caráter corretivo:
  - adequação aos padrões estabelecidos na legislação vigente;
  - funcionam como “filtros” - retêm poluentes e deixam passar o ar “limpo”
- Não eliminam a poluição:
  - apenas transferem do meio gasoso para o sólido ou líquido
- Tecnologias:
  - equipamentos de controle da poluição atmosférica (ECP) – dois tipos:
    - controle de materiais particulados (MP)
    - controle de gases e vapores

## Exemplos:

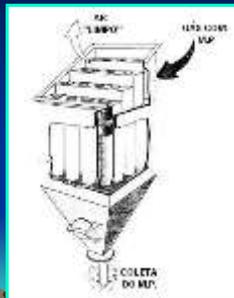
### Equipamento para Controle de MP

- Ciclone
  - Normalmente – pré-coletor
  - Baixos custos de construção e manutenção
  - Eficiência => Perda de carga
  - Diâmetros > 5  $\mu\text{m}$



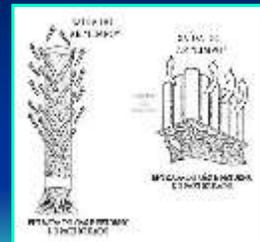
### Equipamento para Controle de MP

- Multiciclone
  - > Eficiência e < Perda de carga
  - > Resistência à erosão
  - Entupimentos freqüentes.



### Equipamento para Controle de MP

- Filtro de manga
  - Mais utilizado
  - Utiliza tecidos especiais como meio filtrante
  - Altas eficiências (até 99,99%);
  - Diâmetros > 1  $\mu\text{m}$



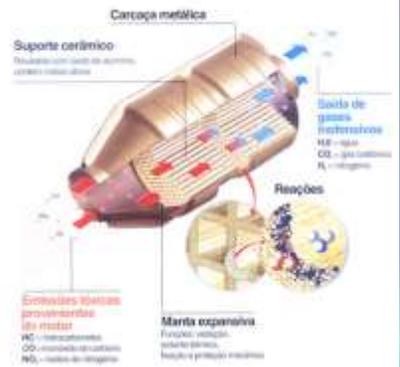


## Fontes Móveis Veículos

- Uso de catalisadores  
Obrigatório desde 1992



## Entenda como funciona o catalisador:



## Fumaça de Ônibus e Caminhões



- Lei n. 997, de 31 de maio de 1976 - Art. 32 - Nenhum veículo automotor a óleo diesel poderá circular ou operar no território do Estado de São Paulo emitindo pelo tubo de descarga fumaça com densidade colorimétrica superior ao Padrão 2 da Escala Ringelmann, ou equivalente, por mais de 5 (cinco) segundos consecutivos, exceto para partida a frio. (modificada pelo Decreto n. 29.027, de 18.10.88)

## Queimadas na Agricultura

- Proibidas por Leis Federais, Estaduais e Municipais.



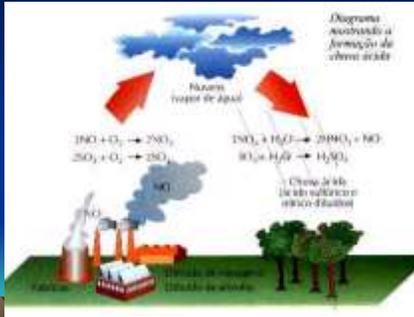
## Queima de Outros Materiais

- Proibidas por Leis Federais, Estaduais e Municipais.



## EFEITOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

## Chuva Ácida



## PREJUÍZOS PARA O HOMEM

- **SAÚDE:** A chuva ácida libera metais tóxicos que estavam no solo. Esses metais podem alcançar rios e serem utilizados pelo homem causando sérios problemas de saúde.
- **PRÉDIOS, CASAS, ARQUITETURA:** a chuva ácida também ajuda a corroer os materiais usados nas construções como casas, edifícios e arquitetura, destruindo represas, turbinas hidrelétricas, etc.

## PREJUÍZOS PARA O MEIO AMBIENTE

- **LAGOS:** os lagos podem ser os mais prejudicados com o efeito da chuva ácida, pois podem ficar totalmente acidificados, perdendo toda a sua vida.
- **DESMATAMENTOS:** a chuva ácida faz clareiras, matando duas ou três árvores. Imagine uma floresta com muitas árvores utilizando mutuamente, agora duas árvores são atingidas pela chuva ácida e morrem, algum tempo após muitas plantas que se utilizavam da sombra destas árvores morrem e assim vão indo até formar uma clareira. Essas reações podem destruir florestas.
- **AGRICULTURA:** a chuva ácida afeta as plantações quase do mesmo jeito que das florestas, só que é destruída mais rápido já que as plantas são do mesmo tamanho, tendo assim mais áreas atingidas.

## Efeito da Chuva Ácida



Efeito da chuva ácida numa estátua. Fotografias tiradas nos anos 1908 e 1969.



## O EFEITO ESTUFA e o AQUECIMENTO GLOBAL



## Aquecimento Global e Mudanças Climáticas

Evidências do Aquecimento Global e das Mudanças Climáticas



## Aquecimento Global e Mudanças Climáticas

Evidências do Aquecimento Global e das Mudanças Climáticas



- O Monte Kilimanjaro, ponto mais alto da África, era coberto de neve o ano inteiro (acima, em 1993).
- Nos últimos anos passou a perder a cobertura gelada no verão, ficando quase sem neve em 2000 (abaixo)

## Aquecimento Global e Mudanças Climáticas

Evidências do Aquecimento Global e das Mudanças Climáticas



Patagônia - Argentina

## Consequências do aquecimento Global

- Aumento do nível do mar:
  - Elevação média do nível do mar de 9 à 88 cm até o ano 2100
  - Inundação de zonas costeiras e ilhas;
  - Agravamento das erosões costeiras;
  - A água salgada poderá invadir as reservas costeiras de água doce;
- Recursos Hídricos
  - A modificação dos padrões de precipitação afetam os suprimentos de água;
  - Evaporações serão mais abundantes;
  - Enchentes
- Saúde
  - As doenças propagadas por vetores associados à alteração de temperatura, como dengue e malária, por exemplo, poderão ter sua incidência potencializada.

Fonte: IPCC

## Consequências do aquecimento Global

- Agricultura
  - Maiores temperaturas influenciarão os padrões de produção;
  - A umidade dos solos será afetada pela mudança do regime de chuvas;
  - A produtividade dos campos e pastagens será altamente afetada.
- Biodiversidade
  - Diversidade biológica altamente ameaçada pela mudança do clima – extinção de diversas espécies;
  - Desertos e ecossistemas áridos tendem a apresentar condições mais extremas;
  - Regiões montanhosas serão submetidas a um considerável stress devido às atividades humanas.

## Camada de Ozônio

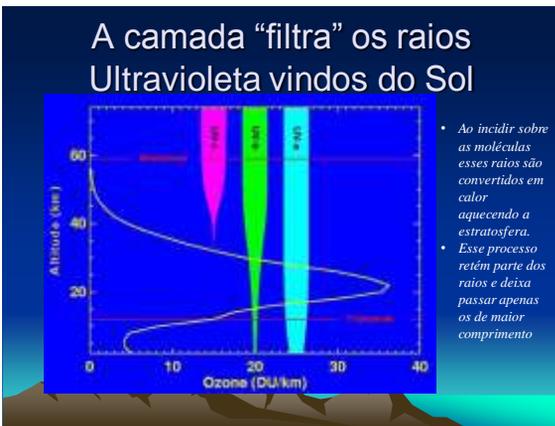
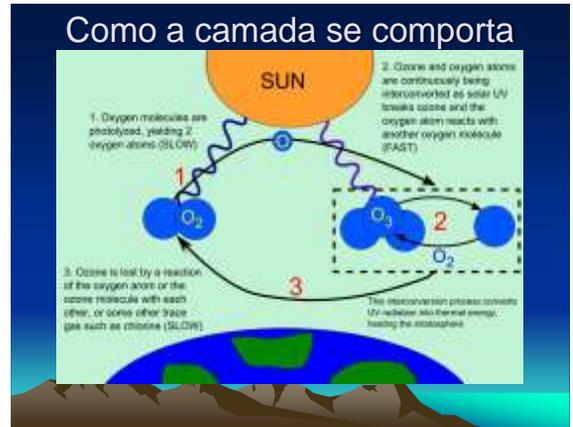


## Ozonosfera

- A **ozonosfera** localiza-se na estratosfera,
- cerca de 90% de ozônio atmosférico está nesta camada, entre 16 a 30 quilômetros de altitude, com cerca de 20 km de espessura.

O ozônio ( $O_3$ ) é uma molécula formada por três átomos do elemento oxigênio. É um gás de cheiro forte e cor azul.

O oxigênio que respiramos ( $O_2$ ) é formado por dois átomos de oxigênio. Não tem cheiro e é incolor.



### TIPOS DE RADIAÇÃO EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA

UVA	UVB	UVC
✓ Comprimento de Onda Característico 320-400 nm	✓ Comprimento de Onda Característico 280-320 nm	✓ Comprimento de Onda Característico < 280 nm
✓ Comprimento de Onda muito perto da luz visível	✓ Apresenta vários efeitos prejudiciais à saúde, como o câncer de pele	✓ Extremamente prejudicial à aos seres vivos da Terra
✓ Não é absorvida pela Camada de Ozônio	✓ Causa danos em materiais e plantações	✓ Completamente absorvido pela Camada de Ozônio e pelo Oxigênio presente na Atmosfera
	✓ A Camada de Ozônio protege a Terra da maior parte da radiação UVB	

## COMO SE FORMA O BURACO NA CAMADA DE OZÔNIO?

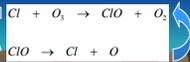
Os CFCs sobem lentamente para camadas superiores à camada de ozônio.

Os raios ultravioletas decompõem os CFCs, liberando átomos de Cloro (Cl).

O cloro como é mais denso, desce, voltando para a camada de ozônio, destruindo-o.

Quimicamente

temos



## BREVE HISTORICO SOBRE GASES REFRIGERANTES

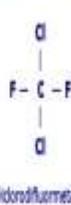
- 1834 - Refrigeração por compressão de vapor utilizando o Éter Etílico.
- 1880 - 1920 - Amônia (R717), dióxido de enxofre (R764), cloro de metilo (R40), dióxido de carbono (R744) e propano (R290)
- 1930 - 1940 - CFCs (R11; R12; R113; R114; R115)
- 1950 - HCFC - (R22) e R502 (51% - CFC CFC-115 e 49% - HCFC HCFC-22)
- 1974 - Teoria sobre a destruição do Ozônio Estratosférico (Molina e Rowland)
- 1987 - Protocolo de Montreal (eliminação dos CFCs e HCFCs)
- 1992 - Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas
- 1997 - Protocolo de Kyoto (redução de HFCs; PFCs; CO2; SF6; N2O; CH4)

## FLUIDOS REFRIGERANTES QUE PERTECEM A FAMÍLIA DOS CLOROFLOURCARBONOS (CFCs)

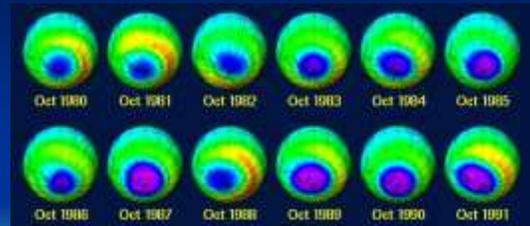
### CFCs



CFC R12



## ACOMPANHE A EVOLUÇÃO DO BURACO NA CAMADA DE OZÔNIO (1980-1991)



## Porque na Antártida

- Em todo o mundo as massas de ar circulam devido a correntes de convecção.
- Na Antártida, devido ao rigoroso inverno de seis meses, essa circulação de ar não ocorre e, assim, formam-se círculos de convecção exclusivos daquela área.
- Os poluentes atraídos durante o verão permanecem na Antártida até a época de subirem para a estratosfera.
- Ao chegar o verão, os primeiros raios de sol quebram as moléculas de CFC encontradas nessa área, iniciando a reação.

## Protocolo de Montreal

- Vários países se comprometeram em 1987 a combater os efeitos dos CFCs na camada de ozônio.
  - Prazos, limites e restrições sobre a produção, o comércio e o consumo de CFC e HCFC
  - Substituição dos gases em sprays, refrigeradores e condicionadores de ar.
  - Formalização de compromisso pelo governo brasileiro em junho de 1994.

## GASES SUBSTITUTOS

Os **HidroCloroFluorCarbonos (HCFCs)** são soluções intermediárias.

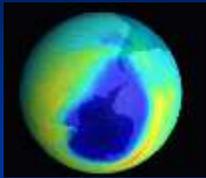
Os **HidroFluorCarbonos (HFCs)** são soluções definitivas. Atendem o protocolo de Montreal, mas não o de Kioto.

Os **Hidrocarbonetos (HC)** resultam inócuos para o ambiente, mas são extremamente inflamáveis, sendo pouco adaptados aos sistemas civis.

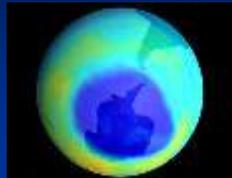
## Outras soluções

- **Retrofit**
  - substituição do CFC por refrigerantes alternativos em equipamentos em uso.
- **Reciclagem dos gases**
  - Remove-se produtos contaminantes: Água, óleo, ácidos oléicos e ácidos clorídricos.
  - Gases reciclados podem ser reutilizados em outros equipamentos.

## A CAMADA DE OZÔNIO



Em setembro de 2000, com 29,78 milhões de Km<sup>2</sup>



Em setembro de 2003, com 28,2 milhões de Km<sup>2</sup>

## Situação atual

- Em 2009 o climatólogo americano David J. Hofmann, da [Administração Nacional de Oceanos e Atmosfera dos EUA \(NOAA\)](#), afirmou que o buraco na camada de ozônio sobre a Antártida estabilizou-se desde 2000.
- Ainda demorará décadas a se regenerar e a se fechar, o que ocorrerá em 2065.

## Anexo – O mercado de Créditos de Carbono e O PROTOCOLO DE KYOTO

## Protocolo de Kyoto (Quioto)

- COP-3, 1997 - Líderes de 160 nações assinaram um compromisso que ficou conhecido como **Protocolo de Kyoto**.
- É um tratado com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que provocam o efeito estufa, complementar à Convenção Quadro.
- Esse documento previa, entre 2008 e 2012, um corte de 5,2% nas emissões dos gases causadores do efeito estufa em relação aos níveis de 1990.

<http://www.mct.gov.br/clima/quioto/default.htm>

## Protocolo de Kyoto

- Ele divide o mundo em dois grupos:



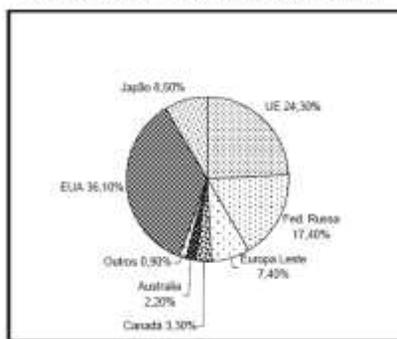
### – ANEXO-1

- Conta com os países industrializados, basicamente da União Européia.

### – ANEXO-2

- Tem como participantes países em transição para economia de mercado, como as nações do leste europeu.

RESPONSÁVEIS PELAS EMISSÕES DE CO2 EM 1990<sup>1</sup>



Fonte: UNFCCC

## Protocolo de Kyoto

- Para os países do ANEXO-1, foi estabelecida uma diminuição que varia entre 8% para os países da União Européia, 7% para os Estados Unidos e 6% para o Japão.

– Se não houver esta possibilidade, poderão comprar créditos ou investir em projetos de conservação dos países do Anexo II (países em desenvolvimento)



## Protocolo de Kyoto

- Países como a China, a Índia e o Brasil, que ratificaram o protocolo e fazem parte do Anexo II (países em desenvolvimento) não são requeridos reduzir as emissões de gases do efeito estufa sob as condições atuais do acordo
- Podem ser voluntários para o grupo de países do Anexo I, quando estiverem suficientemente desenvolvidos
- Podem receber financiamento para projetos tecnológicos que visem a redução das emissões de gases do efeito estufa

## RESUMINDO

- Estabelece metas de redução para os países industrializados
- Emissões totais anuais no período 2008-2012, em pelo menos 5% abaixo do nível de 1990
- Não introduz obrigações adicionais para os países em desenvolvimento
- Cria **MECANISMOS DE FLEXIBILIZAÇÃO** para os países industrializados alcançarem suas metas individuais de redução:
  - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL (Clean Development Mechanism)
  - Comércio de Emissões (Emissions Trade)
  - Implementação Conjunta (Joint Implementation)

## Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL

**Objetivos:** Reduzir emissões de GEE e promover o desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento.

**Princípio:** Permitir a países desenvolvidos investir em projetos de “redução de emissão” em países em desenvolvimento e utilizar os créditos para auxiliar no cumprimento de suas obrigações

Expedição de Certificados de emissões reduzidas (**CERs**) que poderão ser adquiridos por países do “Anexo I” para desconto de suas metas de redução

## O que são os Crédito de Carbono?

- Créditos de Carbono são certificados que autorizam o direito de poluir.
  - Se por um acaso sua empresa ficar abaixo do permitido, você tem um crédito para com o governo para a poluição. Ou seja, existe um excedente que lhe permite poluir.
- Créditos de carbono criam um mercado para a redução de GEE dando um valor monetário à poluição.

## O Crédito de Carbono

- Uma tonelada de CO2 equivalente corresponde a um crédito de carbono.
- O CO2 equivalente é o resultado da multiplicação das toneladas emitidas do GEE pelo seu [potencial de aquecimento global](#).
- O potencial de aquecimento global do CO2 foi estipulado como 1.
  - O potencial de aquecimento global do gás metano é 21 vezes maior do que o potencial do CO2, portanto o CO2 equivalente do metano é igual a 21.
  - uma tonelada de metano reduzida corresponde a 21 créditos de carbono.

## Potenciais de Créditos

- Potencial de aquecimento global dos GEE:
- CO2 - [Dióxido de Carbono](#) = 1
- CH4 - [Metano](#) = 21
- N2O - [Óxido nitroso](#) = 310
- HFCs - [Hidrofluorcarbonetos](#) = 140 ~ 11700
- PFCs - [Perfluorcarbonetos](#) = 6500 ~ 9200
- SF6 - [Hexafluoreto de enxofre](#) = 23900

## O Crédito de Carbono

- Os projetos de MDL podem ser baseados em [fontes renováveis](#) e [alternativas de energia](#), [eficiência e conservação de energia](#) ou [reflorestamento](#).
- O primeiro projeto de MDL, aprovado pela ONU, no Mundo, foi o do [aterro sanitário](#) de [Nova Iguaçu](#), no Estado do Rio de Janeiro, Brasil, que utiliza [tecnologias](#) bem precisas de [engenharia sanitária](#), tendo os [créditos de carbono](#) sido negociados diretamente com os [Países Baixos](#).

## Requisitos para o MDL

- Um projeto precisa atender a dois critérios principais:
  - Adicionalidade e
  - Desenvolvimento Sustentável.
- Um projeto é adicional quando ele realmente contribui para a redução das emissões de gases do efeito estufa.
- É traçada uma linha de base (Baseline) onde é determinado um cenário demonstrando o que aconteceria se a atividade do projeto não ocorresse.

## Áreas com Potencial para Implantação de Projetos de MDL

- Fontes renováveis de energia;
- Eficiência / Conservação de energia;
- Reflorestamento e estabelecimento de novas florestas.

## O Crédito de Carbono

- Os créditos podem ser vendidos em mercado de valores mobiliários, ou seja, como mercado de valores passíveis de transmissão, móveis.
- Existem duas formas de fazê-lo:
  - A primeira é a venda em balcão, na própria entidade, assim vinculando a transmissão à um processo para com o vendedor.
  - A segunda forma é pela bolsa de valores, constituindo um representante e um local onde tais valores possam ser negociados.
  - Um exemplo de mercado voluntário é o [Chicago Climate Exchange](#) (Bolsa do Clima de Chicago).

## Projetos Energéticos Oportunos

- Tecnologias Alternativas: Eólica, Solar, PCHs
- Cogeração a Gás Natural e Biomassa
- Programas de eficiência e conservação energética
- Aproveitamento de resíduos sólidos e geração de biogás
- Energia renovável: substituição por combustíveis não fósseis (bagaço, biodiesel, álcool, biogás)
- Florestamento e Reforestamento

Mecanismos de  
Desenvolvimento Limpo -  
MDL  
Ricardo Lacerda Baileiro

80

## Casos Reais de Projetos

Sucroalcooleiro – Nova Geração de 52,5 MW

- PPA p/ 42MW
- Em 7 anos: 411.000 tCO<sub>2</sub> eq (4 euros p/ tCO<sub>2</sub>);
- Renda a ser creditada de 1,6 M Euros

Geração a Biomassa – 30 MW

- PPA p/ total
- Em 7 anos: 800.000 tCO<sub>2</sub> eq (4 US\$ p/ tCO<sub>2</sub>)
- Renda a ser creditada de 3,2 M US\$

Geração Eólica – 4,5 MW

- PPA p/ total
- Em 7 anos: 21.000 tCO<sub>2</sub> eq (10 US\$ p/ tCO<sub>2</sub>)
- Renda a ser creditada de 210.000 US\$

Mecanismos de  
Desenvolvimento Limpo -  
MDL  
Ricardo Lacerda Baileiro

81

## Projetos – V&M do Brasil

Vallourec & Mannesmann– maior produtora mundial de tubos de aço

Busca conseguir registrar junto a ONU seu projeto de geração de energia 100% renovável em seu processo produtivo.

Utilização de carvão de eucalipto extraído de suas reservas florestais na produção de aço. Cada tonelada de aço produzida com o carvão vegetal renovável deixa de acumular na atmosfera 1,8 ton de CO<sub>2</sub>.

“Tubo verde”

Mecanismos de  
Desenvolvimento Limpo -  
MDL  
Ricardo Lacerda Baileiro

82

## Projetos – V&M do Brasil

Carvão utilizado vem da subsidiária da empresa a V&M Florestal (1969) que mantém 106 mil hectares de florestas de eucalipto

Acordo em 2003 com o Netherlands Carbon Facility (INCaF) - € 15 milhões para venda de 5 milhões de ton de CO<sub>2</sub>eq

Acordo para venda de 400 mil ton de CO<sub>2</sub>eq com a Toyota Tsusho Corporation através do fornecimento de carvão vegetal produzido de modo sustentável

Redução de aproximadamente 21 milhões de ton de CO<sub>2</sub>eq em 21 anos.

Mecanismos de  
Desenvolvimento Limpo -  
MDL  
Ricardo Lacerda Baileiro

83

## Projetos – Usina Catanduva

- Ecoinvest em parceria com a Usina Catanduva (SP)
- Aumento da eficiência da queima do bagaço de cana das usinas de açúcar e álcool para gerar eletricidade.
- O projeto Catanduva participou de leilão patrocinado pelo governo da Holanda dentro do espírito do MDL,
- Redução de aproximadamente 200 mil toneladas de CO<sub>2</sub> eq, a 4,4 Euros/ton eqCO<sub>2</sub>
- Potência: 20MW, Custo Total: US\$40mi (US\$30mi BNDES, US\$10mi próprio)
- Comprador dos créditos:
  - CERUPT (Holanda) – 2/3 dos créditos

Mecanismos de  
Desenvolvimento Limpo -  
MDL  
Ricardo Lacerda Baileiro

84