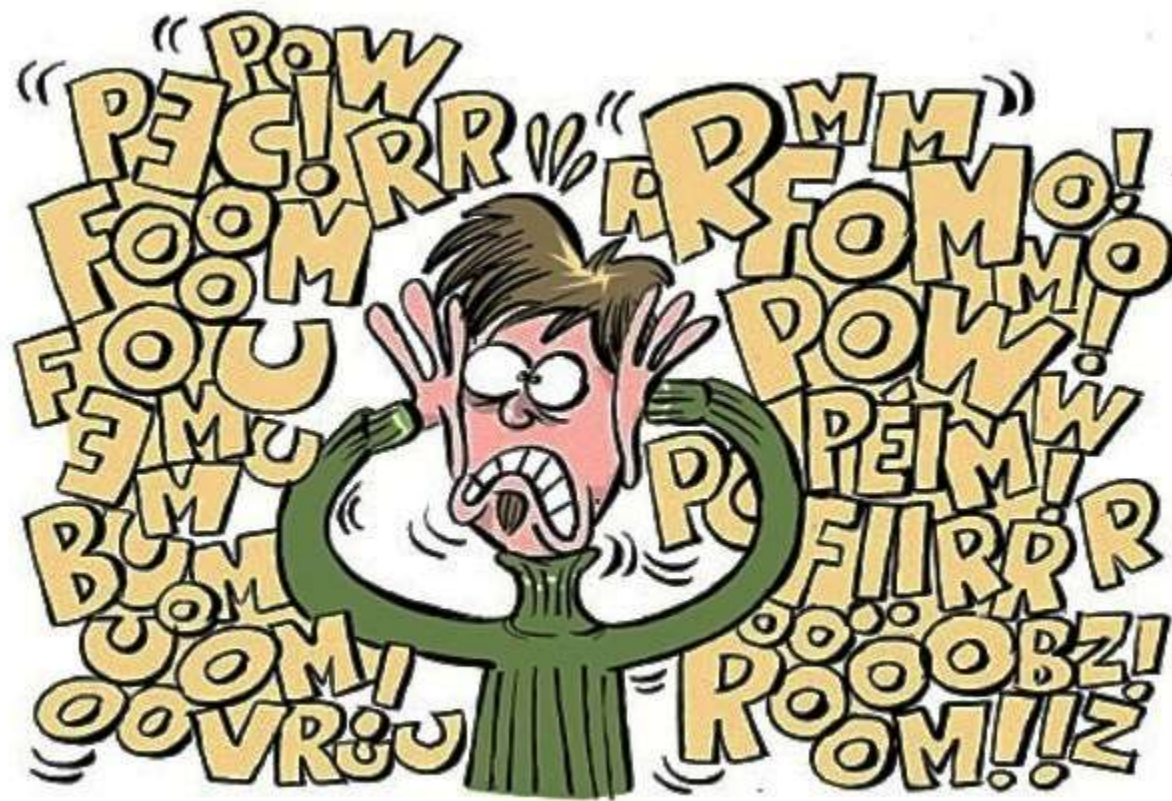


TRANSPORTE E MEIO AMBIENTE

Impactos Ambientais na operação de sistemas
de transporte

Poluição sonora e vibração

Intrusão visual, efluentes sólidos e líquidos



CONCEITUAÇÃO

SOM: É uma perturbação que se propaga por um meio elástico (ar, água etc) a uma velocidade característica daquele meio.

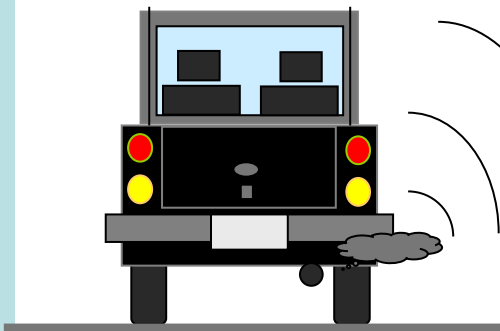
RUÍDO: Para propósitos práticos, pode ser definido como **som não desejável**. Ou seja, som que provoca sensação incomoda nas pessoas. As características físicas do ruído são as mesmas do som.

POLUIÇÃO SONORA: É qualquer alteração das propriedades físicas do meio ambiente causada por conjugação de sons, desejáveis ou não (ruídos), que direta ou indiretamente seja nociva a saúde, segurança e ao bem estar.

FUNDAMENTO TEÓRICO

PROPAGAÇÃO DO SOM

FONTE
GERADORA



+

MEIO DE
PROPAGAÇÃO

+

RECEPTOR



FUNDAMENTO TEÓRICO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOM

VELOCIDADE

$$c = 331 + 0,6T_c \text{ [m/s]}$$

PRESSÃO

$$2 \times 10^{-5} \text{ a } 200 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

$$\text{NPS} = 20 \log(p^2/p_{\text{ref}}^2) \text{ [dB]}$$

$$\text{NPS} \leq 65 \text{ dB}$$

FREQÜÊNCIA

16 a 20.000 Hz

COMPRIMENTO DE ONDA

Muitos metros a alguns centímetros

FUNDAMENTO TEÓRICO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOM

Os sons mais comuns consistem em uma rápida série irregular de perturbações de pressão positivas (compressão) e negativas (rarefações), medidas a partir da pressão estática.

Escala A [dBA]: A escala A coloca menos peso em sons abaixo de 500 Hz (baixa frequência) e mais peso em sons entre 500 e 6.000 Hz (alta frequência).

- Intervalo de percepção humana;
- Regulamentação.

FUNDAMENTO TEÓRICO

OUTRAS CARACTERÍSTICAS DO RUÍDO

Conteúdo espectral ou conteúdo de frequências;

Duração (tempo);

Presença de tons puros;

Subtaneidade;

Variabilidade;

Conteúdo de informação.

FUNDAMENTO TEÓRICO

EFEITOS NA SAÚDE

Ruídos acima de 85 dBA – 25% de colesterol no sangue;

Irritabilidade das pessoas;

Abalo do sistema nervoso;

Insatisfação e incômodo;

Desconforto físico;

RUÍDO

=

“STRESS”

FUNDAMENTO TEÓRICO

EFEITOS NA SAÚDE

Trauma Acústico Agudo: exposição única ou poucas exposições a níveis sonoros muito intensos causando perda traumática e irreversível da capacidade auditiva.

Mudança Temporária de Audição: piora temporária no limiar auditivo que recupera-se gradativamente depois da exposição, com o devido repouso.

Mudança Permanente de Audição: resultante do acúmulo de exposições repetidas ao ruído excessivo (superior a 80 dBA), com certa constância e durante muitos anos.

FUNDAMENTO TEÓRICO

EFEITOS NA SAÚDE

CARACTERÍSTICAS
FÍSICAS DO RUÍDO



Susceptibilidade individual;
Tempo de exposição diária;
Constância de exposição;
Idade;
Sexo;
Raça;
Características do ambiente.

CONCEITUAÇÃO

- Os ruídos liberados pelos transportes por meio dos motores, escapamentos, vibração de peças, atrito das rodas com a via, sinais sonoros são exemplos de como os transportes contribuem para este poluente.
- Observa-se também que existem os ruídos provocados pelos terminais de carga que utilizam equipamentos auxiliares para movimentação de produtos de e para os veículos.

RUÍDO E TRANSPORTE

NÍVEIS TÍPICOS DE RUÍDO EM TRANSPORTE

FONTE DE RUÍDO	ALTURA [dBA]	SENSAÇÃO	TRAUMA
Avião a jato a 5 m	140-130	Acima do limiar da dor	Surdez permanente
Buzina de automóvel a 5m (A) Ônibus acelerando a 5m	130-110	Desconforto alto, atingindo limiar da dor	Surdez instantânea
Caminhão pesado a 5m (C) Moto sem silencioso	110-90	Extrema excitação	Dependência
Tráfego, sentido nas ruas e até no interior das casas	90-70	Bastante excitante	Início da dependência
Tráfego leve, repercutindo no interior das casas	70-50	Aceitável	Início do desconforto
Ambiente calmo	50-30	Confortável	-
Vento suave	30-10	Silêncio	-

LEGENDA: (A) ACIDENTAL (C) CONSTANTE

RUÍDO E TRANSPORTE

ORIGEM DOS RUÍDOS NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO

GRUPOS DE RUÍDOS	FONTES
Funcionamento de máquina	Funcionamento do motor Entrada de ar e escapamento Sistema de ventilação
Ruídos do movimento	Contato pneu/pavimento Atrito roda/eixo Ruídos da transmissão Ruídos aerodinâmicos
Ruídos ocasionais	Buzinas Frenagem Trocas de marcha Cargas soltas Fechamento de portas

RUÍDO E TRANSPORTE

RELAÇÕES RUÍDO x FATORES CAUSADORES/AMPLIFICADORES

Volume de tráfego – cresce rápido 0 a 1.500 vph

estabiliza a partir de 2.000 vph

Velocidade – proporcional as variações de velocidade

Idade da frota – aumenta com a idade

Distância da fonte – se a distância dobra, atenua em 3 dBA

Distância entre fachadas – o corredor de prédios acentua o ruído (reverberação)

REGULAMENTAÇÃO

Resolução nº1
CONAMA

CATEGORIA			NÍVEL DE RUÍDO (dB(A))		
DESCRIÇÃO			OTTO	DIESEL	
				Injeção Direta	Injeção Indireta
a	Veículo de passageiros até nove lugares e veículo de uso misto derivado de automóvel		77	77	77
b	Veículo de passageiros com mais de nove lugares, veículo de carga ou de tração, veículo de uso misto não derivado de automóvel	PBT até 2.000kg	78	79	78
		PBT acima de 2.000kg e até 3.500kg	79	80	79
c	Veículo de passageiros ou de uso misto com PBT maior que 3.500kg	Potência máxima abaixo de 150kW (204cv)	80	80	80
		Potência máxima igual ou superior a 150kW (204cv)	83	83	83
d	Veículo de passageiros carga ou de tração com PBT acima de 3.500kg	Potência máxima abaixo de 75kW (102cv)	81	81	81
		Potência máxima entre 75 e 150kW (204cv)	83	83	83
		Potência máxima igual ou maior 150kW (204cv)	84	84	84

REGULAMENTAÇÃO

Resolução nº2

CONAMA

CATEGORIA [cm3]	[dBA] Fase 1	[dBA] Fase 2
Até 80	77	75
81 a 125	80	77
126 a 175	81	
176 a 350	82	80
acima de 350	83	

GESTÃO DO RUÍDO

MODELOS ANALÍTICOS PARA AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA

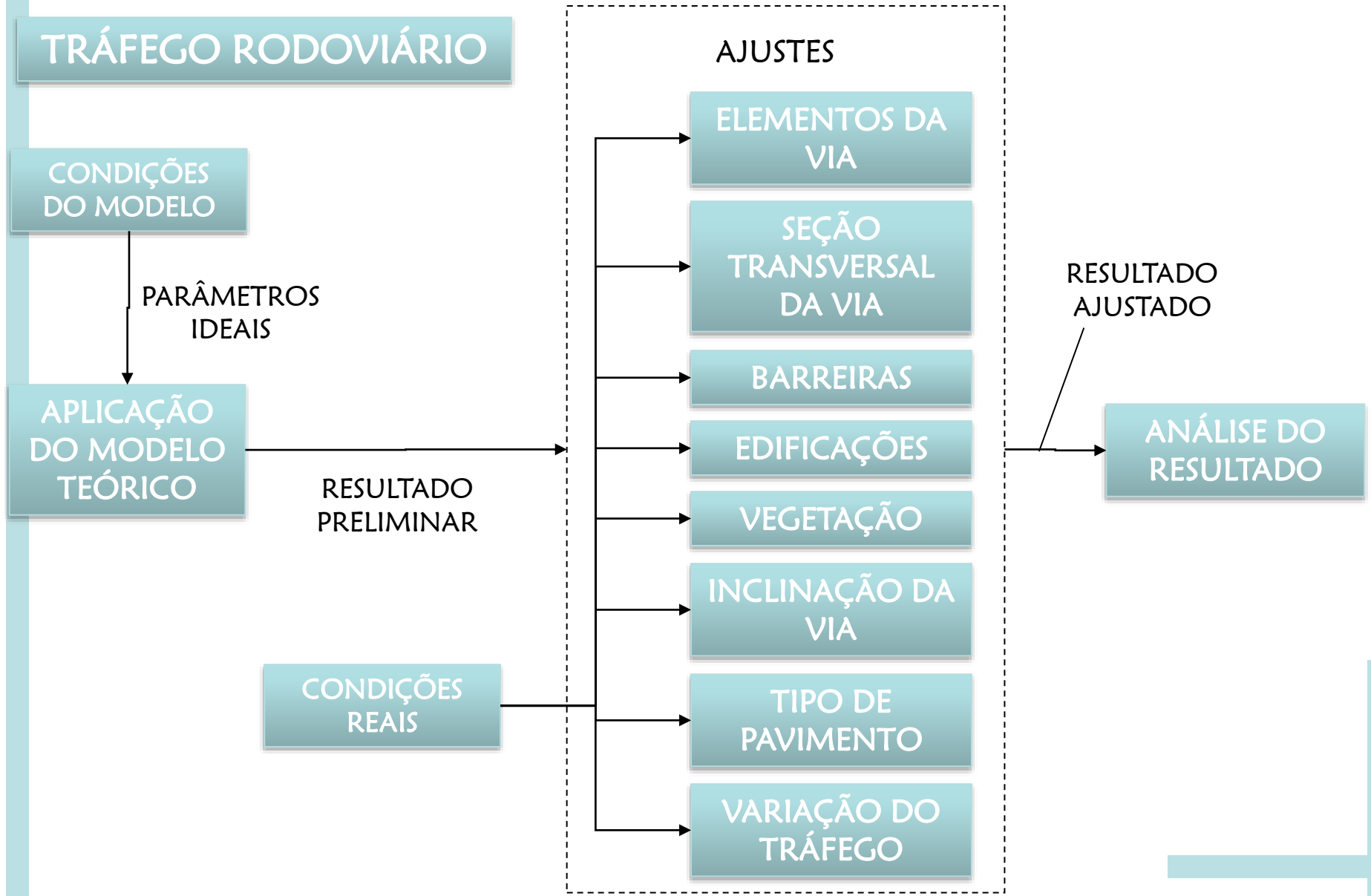
MODELOS EMPÍRICOS

Fácil compreensão;
Uso difundido em grande escala;
 $\text{Ruído} = f(\text{local}, \text{via})$;
Difícil isolar os elementos do modelo.

MODELOS TEÓRICOS

Envolvem modelagem matemática;
Exigem validação;
 $\text{Ruído} = f(\text{local}, \text{via}, \text{tráfego})$;
Uso limitado as condições do modelo.

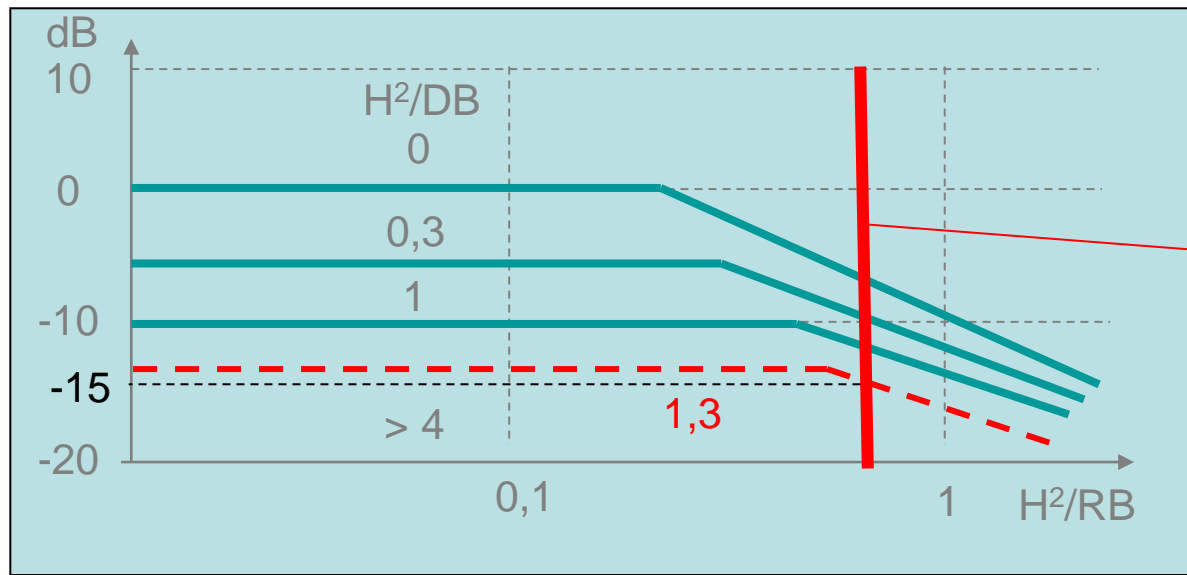
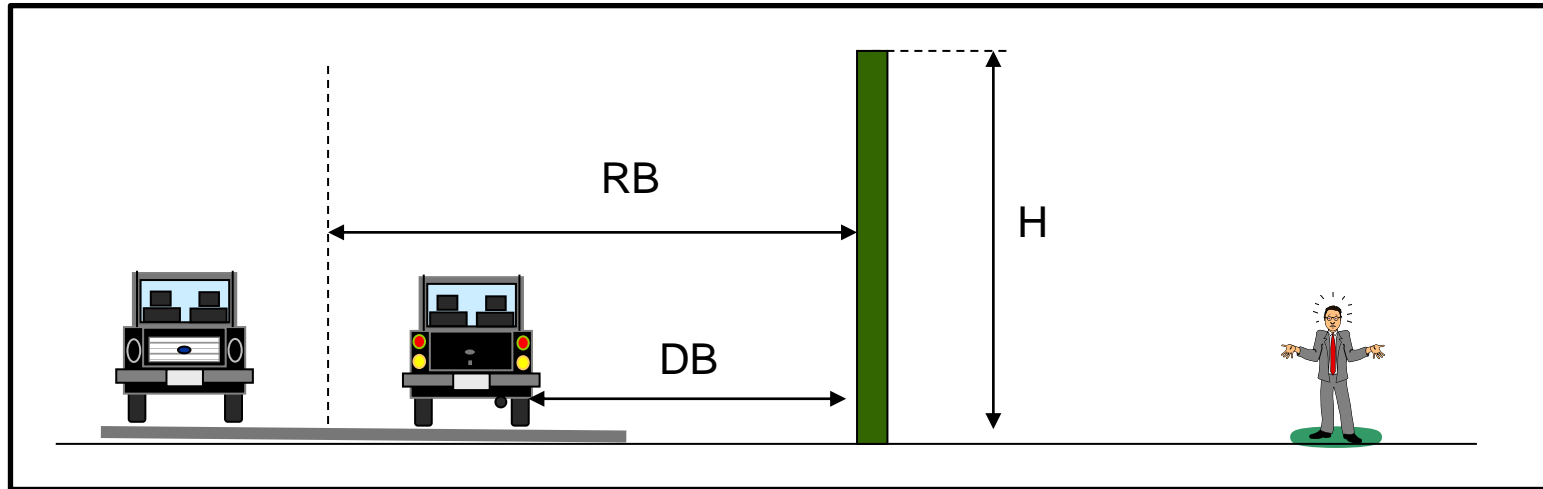
GESTÃO DO RUÍDO



GESTÃO DO RUÍDO

TRÁFEGO RODOVIÁRIO

BARREIRAS

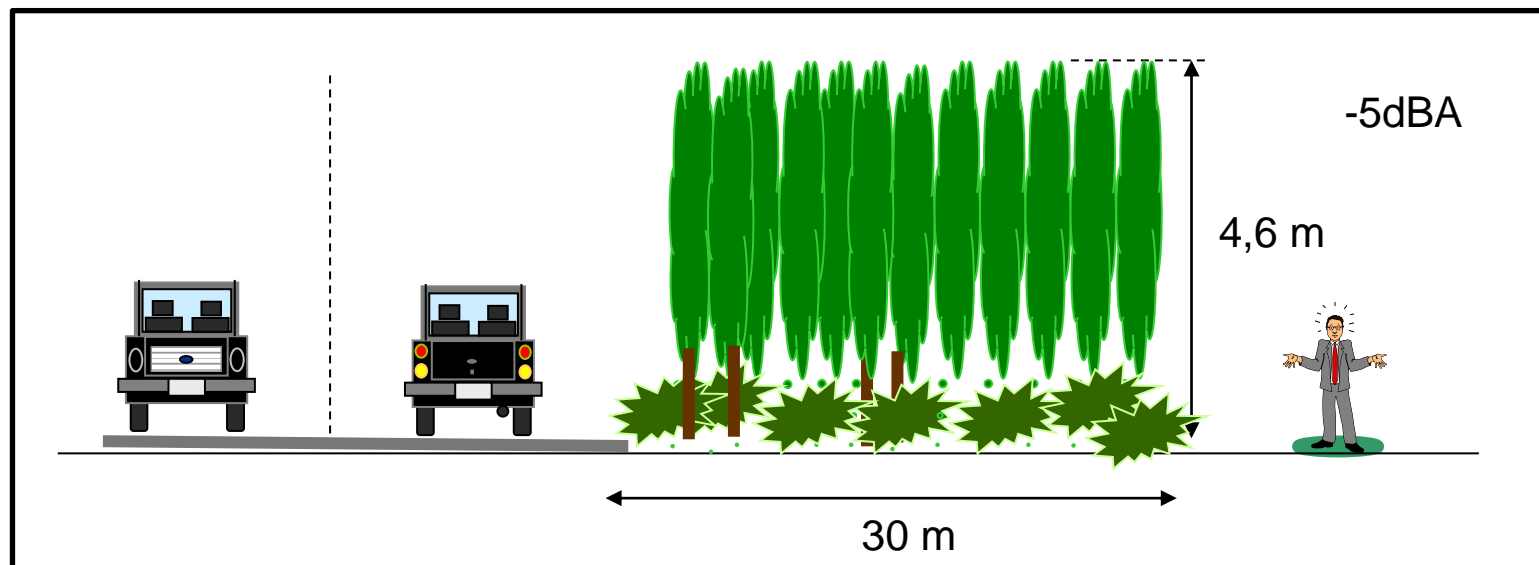


$RB = 5$
 $DB = 3$
 $H = 2$
 $H^2/DB = 1,3$
 $H^2/RB = 0,8$

GESTÃO DO RUÍDO

TRÁFEGO RODOVIÁRIO

BARREIRAS/VEGETAÇÃO



INCLINAÇÃO DA VIA

Obs.: Só quando há presença de veículos pesados

Gradiente (%)	Ajuste [dBA]
< 2	0
3 a 4	2
5 a 6	3
> 7	5

GESTÃO DO RUÍDO

TRÁFEGO RODOVIÁRIO

TIPO DE PAVIMENTO

$NPS = K + 30 \log V$ [dBA] – a 7,6 m da fonte

V: velocidade média do fluxo [mph]

K = 28 – asfalto muito rugoso

K = 23 – asfalto moderadamente rugoso

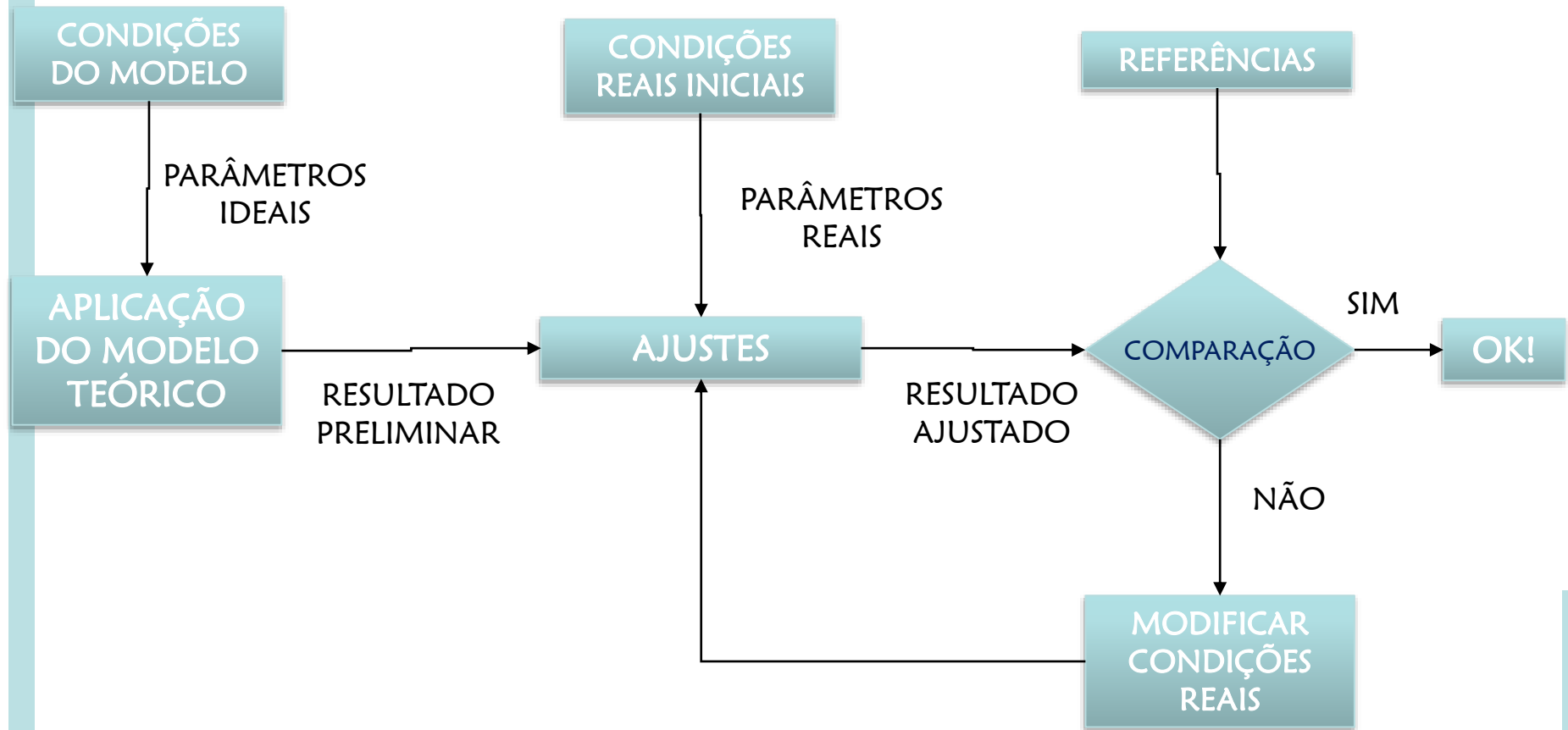
K = 18 – asfalto pouco rugoso

VARIAÇÃO DO TRÁFEGO

Tipo de veículo	Ajuste para L10
Automóvel	2
Veículo pesado	4

GESTÃO DO RUÍDO

APLICAÇÃO DO MODELO A GESTÃO DO RUÍDO



Poluição Sonora pelos transportes

Aquático	Ferrovário	Rodoviário	Aéreo	Dutoviário
Ruídos relacionados ao funcionamento das embarcações e equipamentos dos terminais de carga	Ruídos e vibrações nas proximidades dos terminais e ao longo das linhas férreas	Ruídos e vibrações de veículos automotores nas cidades e ao longo das vias	Ruídos nas proximidades de aeroportos	Ruídos das estações de bombeamento/válvulas

Vibração



CONCEITUAÇÃO

VIBRAÇÃO: qualquer movimento que o corpo executa em torno de um ponto fixo.

Esse movimento pode ser regular, do tipo senoidal ou irregular, quando não segue nenhum padrão determinado.

O ambiente onde a vibração atua diretamente denomina-se ambiente vibratório.

A poluição por vibração não tem tido grande destaque pelos órgãos responsáveis, mas, sem dúvida, combinada aos demais poluentes completa o ciclo dos males produzidos pela modernidade.

CONCEITUAÇÃO

A vibração é definida pelas normas ISO 2631-1 (1997) e ISO 5349-1 (2001) em três variáveis:

- a frequência (Hz);
- a aceleração máxima sofrida pelo corpo (m/s^2) e
- direção do movimento, que é dada em três eixos espaciais: x (das costas para frente), y (da direita para esquerda) e z (dos pés à cabeça).

A vibração pode afetar o corpo inteiro ou apenas partes do corpo, como as mãos e os braços.

A vibração do corpo inteiro ocorre quando há uma vibração dos pés (posição em pé) ou do assento (posição sentada).

EFEITOS NO SER HUMANO

O funcionamento de máquinas, veículos e a manipulação de ferramentas produzem vibrações que são transmitidas ao conjunto do organismo;

Cada parte do corpo pode tanto amortecer como ampliar as vibrações.

As ampliações ocorrem quando partes do corpo passam a vibrar na mesma frequência e, então, dizemos que entrou em ressonância.

Vibrações severas sofridas pelas mãos (causadas por ferramentas vibrantes), podem provocar danos neurológicos, circulatórios, modificações da força muscular e da destreza manual.

Vibrações aplicadas em todo o corpo (causadas por veículos de transporte, pisos vibrantes) podem provocar ressonâncias nas partes internas do corpo e solicitar principalmente os músculos e o esqueleto (coluna vertebral).

EFEITOS NO SER HUMANO

Os danos e perturbações causados pela exposição à vibração que são reconhecidos como doenças profissionais ou ocupacionais;

Muitas vezes são, incuráveis e irreversíveis, porém, é evitável, por isso é sempre recomendado como essencial à implementação de programas de prevenção adequados.

EFEITOS NO SER HUMANO

Quando um elemento é excitado a uma frequência igual às frequências naturais, se dá o nome de ressonância.

No homem estas vibrações podem provocar as seguintes sensações de desconforto:

- 0,25 a 1 Hz: Enjôo
- 2 Hz: ressonância na cabeça para movimentos horizontais, dando também enjôo.
- 4 a 6 Hz: ressonância no corpo todo
- 7 a 9 Hz: ressonância abdominal
- 10 a 12 Hz: ressonância não especificada no tronco.

As vibrações geradas pelo tráfego ocorrem normalmente em frequências compreendidas entre 1 e 45Hz.

VIBRAÇÃO EM TRANSPORTES

Variáveis que afetam a vibração:

- Peso dos veículos;
- Velocidade da via;
- Característica da frenagem e aceleração do veículo;
- Tipo de pavimento;
- Natureza do solo sob o pavimento;
- Distância que separa o veículo do receptor.

Níveis de fadiga para o homem devido à vibração:

KHz	Modo de perceber as vibrações	Efeito das vibrações sobre o trabalho
0	Ondas calmas, apenas perceptíveis	Nenhum impedimento ao trabalho
0,1 a 0,3	Perceptíveis, pouco incômodas, suportáveis durante longo tempo	Nenhum impedimento ao trabalho
0,3 a 1	Facilmente perceptíveis, desagradáveis quando é longa, ainda suportáveis	Ainda não impedem o trabalho
1 a 3	Bastante potentes, desagradáveis quando é longa, ainda suportáveis	De certo modo impedem o trabalho
3 a 10	Desagradáveis, insuportáveis quando é longa, toleráveis por 1 hora no máximo	Impedem o trabalho, mas podem ser toleradas
10 a 30	Muito desagradáveis, suportáveis durante 10 minutos no máximo	Praticamente não se pode trabalhar
30 a 100	Extremamente desagradáveis, suportáveis por 1 minuto, no máximo	Não se pode mais trabalhar
Acima de 100	Insuportáveis	Não se pode mais trabalhar

Sensibilidade do corpo humano às vibrações:

<i>Frequência [Hz]</i>	<i>Sensibilidade</i>	<i>Fontes de vibração</i>
0 a 2	Sistema vestibular	Barcos, veículos, aeronaves
2 a 30	Biomecânica: ressonância do corpo	Veículos, aeronaves, guindastes
> 20	Músculos, tendões e pele	Ferramentas e máquinas

FONTE – Chaffin *et al.*, 1999.

Intrusão Visual



CONCEITUAÇÃO

INTRUSÃO VISUAL: é a designação técnica de um fenômeno, que contribui para o progressivo e acelerado desfigurar das cidades e dos campos.

Podemos defini-la dizendo que se trata de uma noção ou conceito, ao nível da percepção visual, do ambiente que nos rodeia.

Um juízo de valor, de base estética abrangendo tudo aquilo que de algum modo contribui para a diminuição de qualidade visual da paisagem urbana ou rural.

CONCEITUAÇÃO

Mais do que definir-se por palavras, a intrusão visual vê-se e sente-se como um desconforto.

Por vezes é tão evidente que salta aos olhos de qualquer um.

Outras é de tal modo subtil que só um observador atento a identifica. Porém é sempre sentida a percebida como algo que está a mais. Uma mancha que interfere no equilíbrio e beleza das paisagens.

CONCEITUAÇÃO

O conceito de Intrusão Visual traduz:

- a degradação da paisagem, devido a causas humanas e riscos naturais;
- ambientes muito poluídos devido à não existência de eco pontos;
- conseqüência de uma ocupação humana sem planejamento do espaço.

A Intrusão Visual tem repercussões.

- no nível de vida;
- na saúde pública;
- na qualidade e ambiente de vida.

Intrusão Visual nos Transportes

Elementos que promovem o desconforto espacial e visual daqueles que transitam pelos locais.

Diz respeito ao uso e ocupação do solo pelos sistemas de transporte. Segundo Fogliatti et al. (2004), afeta a qualidade estética e interfere na privacidade das pessoas.

Os sistemas de transporte em sua implantação e operação modificam e descaracterizam a paisagem local, impactando na vida não só das pessoas, mas da fauna e flora existentes.

Intrusão Visual nos Transportes

Existe um número crescente de estudos empíricos sobre a interação entre transporte e uso do solo nas áreas urbanas (Lautso et al, 2004).

Impactos do Transporte sobre o uso do solo - a acessibilidade dada pelo transporte é considerada como uma variável importante para diferentes tipos de uso do solo;

É um fator essencial para localização de lojas de varejo, escritórios e residências.

Intrusão Visual nos Transportes

Locais com alta acessibilidade tendem a ter um desenvolvimento mais rápido que outras áreas.

O valor da acessibilidade para as indústrias varia consideravelmente, dependendo, principalmente, do tipo de mercadoria produzida.

De uma forma geral, melhoramentos ubíquos na acessibilidade provoca uma organização mais dispersa do uso do solo.

Estratégias de uso e ocupação do solo integradas ao transporte

Estratégia	Condições para Implantação
1- Aumento da Densidade populacional/Residencial	Próximo às estações/terminais de transporte urbano dentro de uma distancia máxima de 500m, ou seja, dentro de um círculo de 500m centralizado na estação.
	Próximo a um corredor de Transporte (por exemplo: ônibus, VLT) dentro de uma faixa de 500m acompanhando este corredor (1)
2-Diversidade de uso do solo	Incentivar a implantação de diferentes tipos de comércio e serviços dentro de quadras residenciais atendendo a uma população num raio máximo de 500m associado a implantação de calçadas e travessias para pedestres e ciclovias
3-Acessibilidade para o pedestre	Implantação de calçadas que facilitem o acesso as estações e ao comércio dentro das quadras conforme definido nas estratégias 1 e 2
4- Ciclovias	Implantação de vias,estacionamentos e sinalizações próprias para ciclistas principalmente quando, associadas às estratégias 1 e 2
5- Áreas de estacionamento	Somente na proximidade de estações ou corredores de transporte numa distancia máxima de 300m de caminhada destes pontos.
6- Traffic Calming	Implantação de medidas de Traffic Calming dentro das áreas citadas em 2 (dois) e dentro de centros históricos e de atração turística
7- Revitalização de áreas	Quando próximas às estações ou corredores de transporte tanto para o uso residencial como comercial.

Estratégias de uso e ocupação do solo integradas ao transporte

Tabela 2 - Indicadores para Monitoração e Avaliação das Estratégias

Densidade populacional
Densidade residencial
Número de estabelecimentos comerciais e serviços
Diversidade de uso comercial
Amenidades para pedestres (calçadas e faixas de travessia)
Extensão de ciclovias
Extensão de vias com Traffic calming
Vagas de estacionamentos
Area Revitalizada

Tabela 3 - Indicadores para Monitoração dos efeitos das Estratégias

Passageiros transportados pelo TPU
Oferta de transporte público
Trafego médio diário nas vias
Horas de congestionamento
Tráfego de automóveis
Acidentes no trânsito
Nível de poluição atmosférica
Oferta de transporte público

Intrusão Visual nos Transportes

Ao nível da rua são todos os obstáculos disputando o pouco espaço livre dos passeios:

- Semáforos e a má localização das suas caixas de automatismo que podiam ser enterradas.
- postes e placas de informação e trânsito;
- parquímetros;
- blocos de cimento anti-estacionamento;
- buracos na rua;
- carros em cima do passeio por falta de estacionamentos;
- estacionamento de caminhões e ônibus ou de veículos de passeio em canteiros centrais;
- outros elementos relacionados às vias, veículos, terminias e controle.

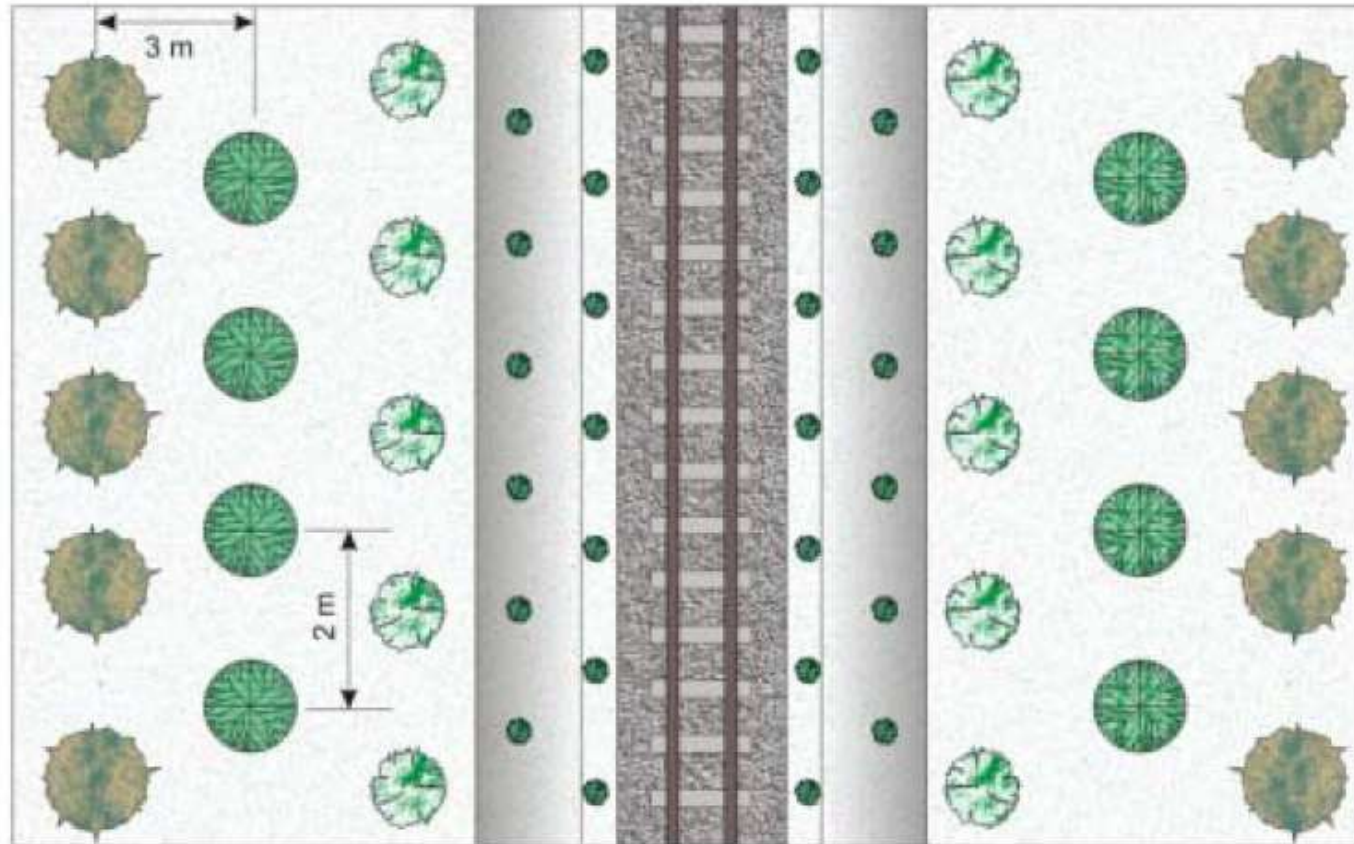
Escola Politécnica – Engenharia Ambiental

Intrusão Visual pelos transportes

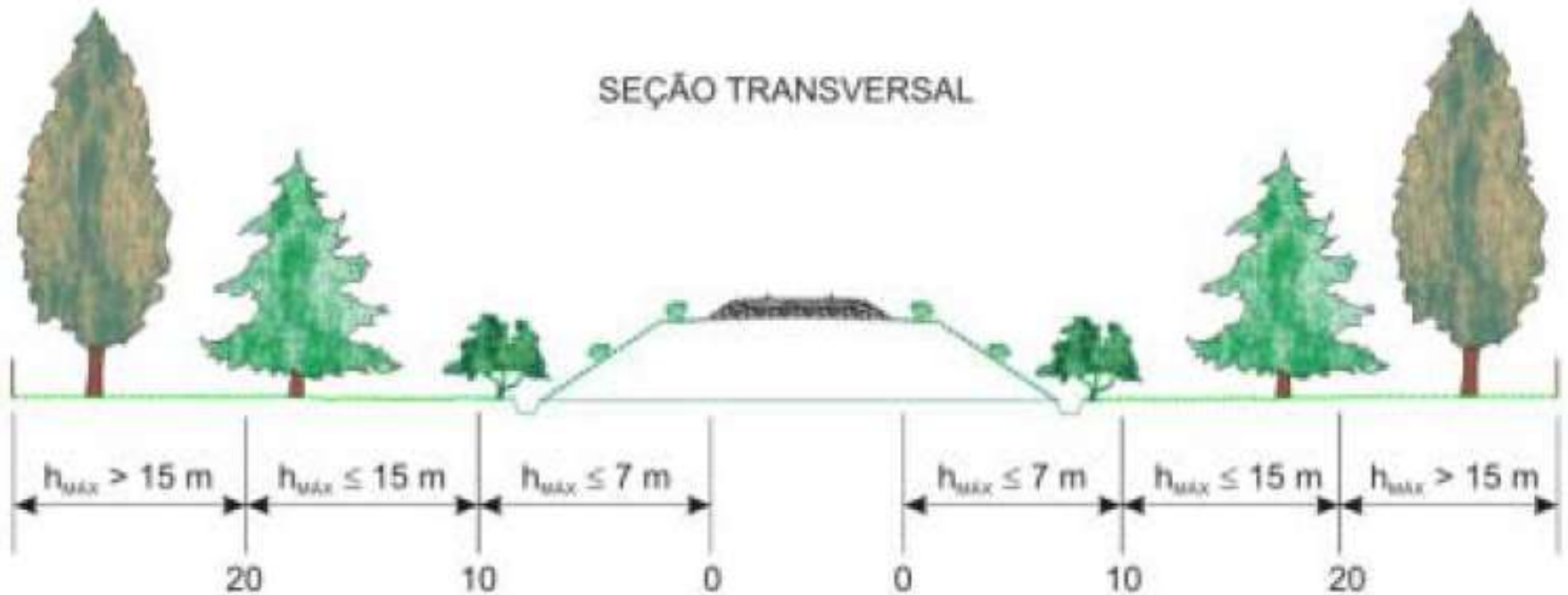
Aquático	Ferrovário	Rodoviário	Aéreo	Dutoviário
Infra-estrutura de portos e embarcações atracadas em baías ou próximas ao litoral.	Infra-estrutura de vias, terminais e pátios de manobra. Construção de viadutos, passagens de nível e muros de proteção da linha.	Congestionamentos nas cidades, infra-estrutura de vias e terminais de operação.	Infra-estrutura de aeroportos	Áreas de passagem dos dutos em florestas.

Escola Politécnica – Engenharia Ambiental

PLANTA



Escola Politécnica – Engenharia Ambiental



Efluentes Sólidos e Líquidos



CONCEITUAÇÃO

EFLUENTE s.m., do Latim efluente que emana, que flui.

Todos os resíduos (líquidos, sólidos e gasosos) provenientes das diversas atividades humanas, quando são descartados no meio ambiente.

Os efluentes líquidos constituem-se nos maiores poluidores dos corpos de águas e por isto tem sido dedicado muitos esforços para controlar a qualidade dos mesmos.

No Brasil existe uma completa legislação Federal e Estadual que trata dos efluentes líquidos.

CONCEITUAÇÃO

No caso da água, compreende o lançamento em rios, lagos e oceanos de substâncias que se dissolvem ou ficam em suspensão na água ou depositadas sobre o fundo dos corpos d'água e se acumulam na medida em que eles interferem no funcionamento do ecossistema aquático.

Também podem incluir a liberação de energia na forma de radioatividade e calor, como no caso da poluição térmica.

Os contaminantes da água são substâncias químicas inorgânicas, substâncias químicas orgânicas, radionucleotídeos e microorganismos.

CONCEITUAÇÃO

A poluição do solo e do subsolo envolve a deposição de resíduos sólidos (por exemplo, carros, latas, garrafas, recipientes plásticos, papel etc.) que não podem ser quebrados rapidamente ou, em alguns casos, não podem ser quebrados inteiramente pela ação de forças orgânicas e inorgânicas.

Esse tipo de poluição também compreende a acumulação no solo de substâncias químicas nas formas sólidas ou líquidas que são prejudiciais à vida.

No caso do transporte essa poluição se dá pela emissão de substâncias nas formas sólidas ou líquidas que são prejudiciais à vida e ao meio ambiente, como óleo, pneus, sucatas etc.

CONCEITUAÇÃO

Apesar de haver, segundo sua origem, uma profunda diversidade na quantidade de poluentes, em linhas gerais podemos classificar os efluentes em:

- Efluentes domésticos
- Efluente industrial
- Efluente agrícola
- Efluente pluviais urbanos
- Efluente de depósito de resíduos sólidos

CONCEITUAÇÃO

Para evitar ou minimizar danos ambientais os efluentes necessitam passar por tratamentos, visando a diminuir sua carga poluente, antes de ser descartado no solo ou em um corpo receptor (rio, lago ou mar).

O grau deste tratamento dependerá da qualidade do efluente e da qualidade do corpo receptor.

Resíduos gerados pela operação dos transportes

- Pneus;
- Plástico;
- Peças de metal;
- Borracha;
- Óleo lubrificante descartado ou proveniente de vazamentos;
- Graxas;
- Combustíveis;
- No caso de embarcações resíduos classificados como domésticos (comida, esgoto da tripulação etc;
- Água resultante da lavagem dos veículos;
- Água resultante da lavagem de tanques para o caso de produtos perigosos.

USO DA ÁGUA E GERAÇÃO DE EFLUENTES

Resolução CONAMA 357

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.

Escola Politécnica – Engenharia Ambiental

Aquático	Ferrovário	Rodoviário	Aéreo	Dutoviário
Modificações dos sistemas aquáticos durante a construção dos portos e canais e poluição por óleo, restos de alimentos e excretas do barco. Modificações dos leitos do rio.	Poluição de águas superficiais e subterrâneas e modificação de sistemas aquáticos por construção de ferrovias e emissão de lubrificantes	Poluição de águas superficiais e subterrâneas e modificação de sistemas aquáticos por construção de rodovias e emissão de lubrificantes	Modificação de cursos dos rios e drenagem superficial para a construção de aeroportos	Contaminação de lençol freático por vazamento de produtos líquidos.
Uso de terrenos para a infraestrutura e operação de terminais de carga	Uso de terrenos para a infraestrutura e terminais. Linhas abandonadas e material rodante	Uso de terrenos para a construção de infraestrutura e extração de material de construção. Veículos e peças fora de uso e emissão de lubrificantes.	Uso de terrenos para a infraestrutura	Uso de terrenos para a infraestrutura e vazamento de produtos líquidos

