



IMPACTO À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE DO AUMENTO IRREGULAR DE SOLVENTES NA GASOLINA

Ilidia da A. G. Martins Juras

Consultora Legislativa da Área XI
Meio Ambiente e Direito Ambiental, Organização Territorial,
Desenvolvimento Urbano e Regional

ESTUDO

AGOSTO/2005



Câmara dos Deputados
Praça 3 Poderes
Consultoria Legislativa
Anexo III - Térreo
Brasília - DF



SUMÁRIO

1. Introdução.....	3
2. Benzeno.....	4
2.1. Efeitos à saúde.....	4
2.1.1. Toxicidade aguda.....	5
2.1.2. Toxicidade crônica.....	5
2.1.3. Efeitos reprodutivos.....	6
2.1.4. Riscos de câncer.....	6
2.2. Efeitos ambientais.....	6
3. Tolueno.....	7
3.1. Efeitos à saúde.....	7
3.1.1. Toxicidade aguda.....	8
3.1.2. Toxicidade crônica.....	9
3.1.3. Efeitos reprodutivos.....	10
3.1.4. Riscos de câncer.....	10
3.2. Efeitos ambientais.....	10
4. Xileno.....	11
4.1. Efeitos à saúde.....	11
4.1.1. Toxicidade aguda.....	12
4.1.2. Toxicidade crônica.....	12
4.1.3. Efeitos reprodutivos.....	13
4.1.4. Riscos de câncer.....	13
4.2. Efeitos ambientais.....	14
5. Ciclohexano.....	14
6. Hexano.....	15
7. Nafta petroquímica.....	16
8. Solvente de borracha - SB.....	16
9. Alcanos.....	17
10. Conclusões.....	17
ANEXO I - Tabela de Especificação da Gasolina (Portaria ANP 309/2001).....	19

© 2005 Câmara dos Deputados.

Todos os direitos reservados. Este trabalho poderá ser reproduzido ou transmitido na íntegra, desde que citadas a autora e a Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. São vedadas a venda, a reprodução parcial e a tradução, sem autorização prévia por escrito da Câmara dos Deputados.

Este trabalho é de inteira responsabilidade de sua autora, não representando necessariamente a opinião da Câmara dos Deputados.

IMPACTO À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE DO AUMENTO IRREGULAR DE SOLVENTES NA GASOLINA

Ilidia da A. G. Martins Juras

1. INTRODUÇÃO

No presente estudo, procura-se abordar os efeitos sobre a saúde pública e o meio ambiente dos principais solventes que têm sido adicionados, de forma irregular, à gasolina automotiva comercial. Conforme o Consultor Legislativo Paulo César Ribeiro Lima, as seguintes substâncias têm sido utilizadas nessa adulteração: benzeno, tolueno, xileno, hexano, ciclohexano, nafta petroquímica leve, SB (solvente de borracha), hidrocarbonetos acíclicos saturados (alcanos) e reformado pesado.

A gasolina é um produto complexo, cuja composição e características dependem basicamente da natureza do petróleo que a gerou, dos processos de refino e das especificações de desempenho¹. A gasolina automotiva é geralmente uma mistura de correntes provenientes de processos de destilação direta do petróleo, craqueamento catalítico ou térmico, reforma catalítica, alquilação e hidrocrackeamento. A gasolina apresenta composição variável, que consiste, basicamente, de hidrocarbonetos de 4 a 12 carbonos (parafinas, cicloparafinas (naftênicos), olefinas e aromáticos). Contém, ainda, compostos sulfurados e nitrogenados e traços de metais.

Diversos hidrocarbonetos presentes na gasolina apresentam propriedades tóxicas, como por exemplo, o benzeno, e outros compostos secundários produzidos a partir de compostos orgânicos voláteis, como o ozônio, razão pela qual algumas medidas vêm sendo adotadas por diversos países para limitar o teor de algumas dessas substâncias na gasolina.

Na Europa, o teor de aromáticos está limitado a no máximo, 42%vol desde 2000 e, a partir de 2005, a 35%vol. Para o benzeno, o teor máximo está limitado a 1,0%vol, desde 2000.

¹ Souza, A. M. 2004. Estudo de emissões de vapores orgânicos no carregamento de gasolina em caminhões-tanque. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 169 p.

No Brasil, as especificações para a comercialização da gasolina automotiva estão estabelecidas na Portaria da Agência Nacional do Petróleo – ANP – nº 309, de 27 de dezembro de 2001, e do Regulamento Técnico ANP nº 5/2001 (Anexo I). Por essas normas, são estabelecidos, entre outros, os seguintes teores máximos na gasolina Tipo C (que é a gasolina disponível ao consumidor final) comum: benzeno, 1,0%vol; hidrocarbonetos olefínicos, 30%vol, e hidrocarbonetos aromáticos, 45%vol.

São apresentados, a seguir, os principais efeitos à saúde pública e ao meio ambiente dos solventes anteriormente citados, exceto para o reformado pesado, que é uma corrente originada da reforma catalítica da nafta, processo pelo qual os compostos naftênicos são transformados em produtos aromáticos.

2. BENZENO

O benzeno é um hidrocarboneto aromático, de fórmula C_6H_6 , também chamado benzol, ciclohexatrieno, hidreto de fenila e nafta de carvão. É usado em lubrificantes, peças automotivas, tintas seladoras e preparados de lavanderias.

É classificado como carcinógeno, altamente inflamável e tóxico. Pode acumular carga estática por fluxo ou agitação. Os vapores são mais pesados do que o ar e podem propagar-se para longas distâncias até fontes de ignição e inflamar-se. O líquido flutua na água e pode deslocar-se por grandes distâncias e espalhar o fogo.

Conforme o Sindipetro², o benzeno é uma das substâncias químicas tóxicas mais presentes nos processos industriais no mundo. É a substância mais cancerígena, segundo a Agência Internacional de Controle do Câncer (IARC).

2.1. Efeitos à saúde

De acordo com a Ficha de Segurança de Produto Químico – Benzeno da Petroquímica União S. A.³, a inalação do benzeno pode causar dor de cabeça, náusea, vômito, tontura, narcose, sufocação, diminuição da pressão sanguínea e depressão do sistema nervoso central. A inalação dos vapores pode causar severas irritações ou queimadura do sistema respiratório, edema pulmonar ou inflamação do pulmão. A aspiração direta do líquido no pulmão pode provocar edema e hemorragia local. O líquido pode ser irritante para pele e olhos. O contato prolongado com a pele pode resultar em dermatites. O contato com os olhos pode causar dano temporário da córnea. A ingestão pode causar náusea, vômito, dor de cabeça, tontura, irritação gastrointestinal, escurecimento da visão e diminuição da pressão sanguínea. A ingestão de 15 ml pode provocar colapso, bronquite, pneumonia e morte.

² <http://www.sindipetro.org.br/extra/cartilha-cut/07ar.htm>

³ Petroquímica União S.A. Ficha de Segurança de Produto Químico – Benzeno.

2.1.1. Toxicidade aguda

A intoxicação ocorre por meio da inalação de vapores, embora o benzeno seja absorvido também pela pele, contribuindo para a intoxicação. Localmente o benzeno tem efeito irritante forte, produzindo eritemas e em casos mais severos, edemas e bolhas. A exposição em alta concentração, cerca de 3.000 ppm, resulta em intoxicação aguda, caracterizada pela ação narcótica sobre o sistema nervoso central⁴. A ação anestésica consiste de um estágio preliminar de excitação, seguido de depressão e, se a exposição continuar, morte por colapso do sistema respiratório.

De acordo com a Agência Ambiental Americana (*Environmental Protection Agency* – EPA)⁵, a exposição de seres humanos ao benzeno apresenta como sintomas neurológicos tontura, sonolência, dor de cabeça e perda da consciência. A ingestão de grandes quantidades de benzeno por seres humanos pode resultar em vômito, tontura e convulsões. A exposição de seres humanos ao líquido e vapor pode irritar a pele, os olhos e o trato respiratório superior. A exposição cutânea pode causar vermelhidão e bolhas.

Estudos em animais sobre a exposição oral e por inalação mostram efeitos neurológicos, imunológicos e hematológicos. Testes envolvendo exposição aguda de ratos, camundongos, coelhos e porcos-da-guiné demonstraram que o benzeno tem baixa toxicidade aguda por inalação, moderada toxicidade aguda da ingestão, e baixa a moderada toxicidade aguda da exposição cutânea.

Segundo a Ficha de Segurança de Produto Químico da Copesul⁶, não são esperados efeitos por exposição a concentrações de até 25 ppm. Exposições a concentrações entre 50 e 150 ppm causam dor de cabeça e cansaço. Exposições a concentrações de 20.000 ppm durante 5 a 10 minutos podem levar à morte.

2.1.2. Toxicidade crônica

Na intoxicação por exposição crônica ao produto, ocorre principalmente ação sobre a medula óssea com repercussão no sangue periférico, manifestada por quadros de anemia, leucopenia e plaquetopenia isolados ou em conjunto, podendo evoluir para um quadro de aplasia medular. É carcinogênico e genotóxico, com comprovada associação com ocorrência de leucemia, sendo a do tipo mielóide aguda a mais comumente associada⁷.

⁴ Petroquímica União S. A. Idem

⁵ *Environmental Protection Agency*. <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/benzene.html>

⁶ Copesul. Ficha de Segurança de Produto Químico – Benzeno. http://www.copesul.com.br/site/negocios/petroquimicos/PDF/FISPQ_Benzeno.pdf

⁷ Petroquímica União S. A. Idem

O contato repetido ou prolongado com a pele causa vermelhidão, ressecamento, rachaduras e dermatite devido ao desgorduramento da pele⁸.

Conforme a EPA, a exposição crônica ao benzeno por inalação causa várias alterações no sangue, incluindo redução no número de células vermelhas e anemia aplástica. O benzeno afeta especificamente a medula óssea. Também podem desenvolver-se danos ao sistema imunológico, por alterações nos níveis sanguíneos de anticorpos e perda de leucócitos. Em animais, a inalação e a exposição oral crônica produz os mesmos efeitos que em seres humanos. Em seres humanos, o benzeno causa tanto alterações estruturais como numéricas nos cromossomos.

2.1.3. Efeitos reprodutivos

Vários estudos ocupacionais sugerem que o benzeno pode alterar a fertilidade em mulheres expostas a altos níveis da substância⁹. Entretanto, esses estudos são limitados devido à falta de histórico de exposição, exposição simultânea a outras substâncias e falta de acompanhamento. A avaliação de dados sobre os efeitos do benzeno no desenvolvimento de seres humanos são inconclusivos devido à exposição concomitante a outras substâncias, tamanho inadequado da amostra e falta de dados quantitativos. Foram observados efeitos adversos no desenvolvimento de fetos de animais prenhes expostos ao benzeno por inalação, incluindo peso baixo ao nascer, atraso na formação dos ossos e danos à medula óssea.

2.1.4. Riscos de câncer

A EPA relata aumento da incidência de leucemia em seres humanos expostos ocupacionalmente ao benzeno e classifica a substância como carcinógeno humano.

2.2. Efeitos ambientais

Consoante a Ficha de Segurança de Produto Químico da Petroquímica União S.A., o benzeno, em certas concentrações na atmosfera, forma misturas explosivas e tóxicas, é prejudicial à vida aquática e pode contaminar o lençol freático. Outrossim, a queima do produto em incêndios pode produzir monóxido de carbono, dióxido de carbono, vapores do produto não queimados e materiais particulados, além de outros produtos perigosos, dependendo da temperatura atingida e de outros materiais ou produtos existentes no local onde a queima estiver ocorrendo. As águas utilizadas para o resfriamento de equipamentos, as residuais de controle do fogo e as águas de diluição podem causar poluição.

⁸ Copesul. Idem

⁹ EPA. Idem

De acordo com a Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico da Copesul, o benzeno apresenta nível de risco muito alto para sistemas aquáticos. Possui média persistência ambiental e tende a evaporar se a contaminação for superficial. Apresenta, ainda, as seguintes características em relação ao meio ambiente:

- mobilidade: o potencial para mobilidade no solo é muito alto;
- degradabilidade: a degradação em condições atmosféricas ambientais é esperada no período de dias a semanas; é sujeito à fotodegradação na água, quando exposto diretamente à luz solar; a meia-vida de fotólise na água é de aproximadamente 17 dias.
- biodegradabilidade: a biodegradação sob condições aeróbicas estáticas em laboratório é alta.
- bioacumulação: o potencial de bioconcentração é baixo.

Em relação à ecotoxicidade, o benzeno é considerado como tóxico para organismos aquáticos de forma aguda. O nível de efeitos tóxicos em águas paradas é extremamente alto e independente do nível de turbulência da água. Em águas correntes, o nível de efeitos tóxicos vai de muito alto a extremamente alto e independe do nível de turbulência da água. Para manter a concentração tóxica abaixo do valor limite estabelecido para sua classe, serão necessários entre dez mil e dez milhões de metros cúbicos de água para cada quilograma de substância introduzida (valores típicos aproximados).

3. TOLUENO

O tolueno é um hidrocarboneto aromático, também conhecido como toluol, metilbenzeno, metilbenzol, fenilmetano, e tem fórmula molecular $C_6H_5CH_3$. É empregado em produtos de consumo ou materiais de construção, como filmes adesivos, tintas spray, produtos de limpeza e polimento automotivo, compensados, produtos para dar acabamento em couros e móveis, impermeabilizantes, solventes e várias tintas e materiais artísticos.

É classificado como altamente inflamável e tóxico.

3.1. Efeitos à saúde

A substância é nociva por inalação, ingestão e em contato com a pele¹⁰. É depressor do sistema nervoso central e extremamente irritante para a pele, olhos e mucosas. A ingestão e inalação dos vapores pode causar dor de cabeça, náuseas, tonteira, sonolência e confusão.

¹⁰ Copesul. Ficha de Segurança de Produto Químico – Tolueno - <http://www.copesul.com.br/site/produtos/index.htm>

De acordo com a Ficha de Segurança de Produto Químico da Petroquímica União S. A.11, a inalação do tolueno pode causar irritação do trato respiratório superior, irritação e dificuldade respiratória, tonturas, dores de cabeça, fadiga, perda de consciência, modificação no tempo de reação na coordenação motora, distúrbios de comportamento, anorexia reversível e linfocitose. A aspiração do produto nos pulmões pode produzir pneumonia química, que pode ser fatal, edema pulmonar e hemorragia. A ingestão pode causar espasmos abdominais e outros sintomas análogos à superexposição por inalação. O contato com a pele causa irritação, sendo que o contato repetido ou prolongado tem uma ação eliminadora da gordura cutânea, causando ressecamento, vermelhidão e dermatite. Também pode ser absorvido através da pele. As pessoas com distúrbios cutâneos já existentes ou função hepática ou renal deteriorada, podem ser mais susceptíveis aos efeitos desta substância. O contato com os olhos causa severa irritação ocular com vermelhidão e dor e queimadura da córnea se não for lavado imediatamente. As altas concentrações têm um efeito narcótico e concentrações muito altas podem produzir inconsciência e morte. O consumo de bebidas alcoólicas aumenta os efeitos tóxicos da substância.

Conforme a Petrobras Distribuidora, o Tolueno BR é um solvente de alta pureza aromática, cujo ponto de fulgor é de aproximadamente 6°C. Seu manuseio requer cuidados que se aplicam a todos os solventes petroquímicos. O produto deve ser mantido longe de fontes de ignição. É classificado como substância que altera o comportamento (pode causar dependência química). Deve-se evitar inalação de seus vapores e um contato prolongado do líquido com a pele. Recomenda-se não ultrapassar o limite de tolerância de 100 ppm.

3.1.1. Toxicidade aguda

De acordo com a Ficha de Segurança de Produto Químico da Copesul¹², a exposição por ingestão e inalação, mesmo por curtos períodos, pode causar depressão do sistema nervoso central, com tontura, sonolência, dor de cabeça, náuseas, perda de coordenação, confusão e inconsciência. Os vapores do produto em altas concentrações podem ser destrutivos para o sistema respiratório superior, a pele e os olhos.

A exposição ao tolueno pode ocorrer por inalação do ar ambiente ou interior¹³. O Sistema Nervoso Central (SNC) é o órgão alvo primário para a toxicidade tanto em seres humanos como em animais, por exposição aguda ou crônica. Disfunção do SNC e narcose têm sido frequentemente observadas em seres humanos expostos ao tolueno por inalação; os sintomas incluem fadiga, sonolência, dor de cabeça e náuseas. Depressão do SNC e morte podem ocorrer em níveis maiores de exposição. Também tem sido registrada arritmia cardíaca em seres

¹¹ Petroquímica União S.A. Ficha de Segurança de Produto Químico – Tolueno.

¹² Copesul

¹³ EPA. <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/toluene.html>

humanos expostos ao tolueno. A ingestão de tolueno leva uma pessoa à morte por severa depressão do SNC. A constrição e a necrose de fibras do miocárdio, inchaço do fígado, congestão e hemorragia dos pulmões e necrose tubular dos rins também foram registrados. A exposição aguda de animais ao tolueno afeta o SNC assim como reduz a resistência à infecção respiratória. Testes em ratos e camundongos demonstraram que o tolueno tem baixa toxicidade por inalação ou exposição oral.

3.1.2. Toxicidade crônica

Os relatórios de envenenamento crônico descrevem anemia, diminuição das células sanguíneas e hipoplasia da medula óssea¹⁴. Pode ocorrer dano hepático e renal. Pode causar irritação do aparelho respiratório, mucosa e garganta. Pode ser prejudicial à saúde por inalação, ingestão ou absorção pela pele. A exposição ao tolueno pode afetar feto em desenvolvimento.

Na Ficha de Segurança de Produto Químico da Copesul¹⁵, consta que o contato prolongado e repetido pode causar alterações na visão. É possivelmente prejudicial à fertilidade (aborto) e teratogênico. Experimentos em laboratório (testes com animais) resultaram em desenvolvimento de lesões inflamatórias e úlcera no pênis, prepúcio e bolsa escrotal.

De acordo com a EPA¹⁶, pode ocorrer depressão do SNC em pessoas cronicamente expostas a altos níveis de tolueno. Os sintomas incluem sonolência, ataxia, tremores, atrofia cerebral, nistagmo (movimento involuntário dos olhos) e distúrbios da fala, visão e audição. Efeitos neurocomportamentais têm sido observados em trabalhadores expostos ocupacionalmente. A exposição crônica de seres humanos ao tolueno, por inalação, também causa irritação do trato respiratório superior e dos olhos e inflamação da garganta, tontura e dores de cabeça. Efeitos no SNC também foram observados em estudos em animais cronicamente expostos por inalação. Inflamação e degeneração do epitélio respiratório e nasal e lesões pulmonares foram observadas em ratos e camundongos cronicamente expostos a altos níveis de tolueno por inalação. Efeitos moderados nos rins e fígado têm sido registrados em pessoas cronicamente expostas ao vapor de tolueno. Entretanto, estes estudos são confusos por provável exposição a solventes múltiplos. Efeitos adversos no fígado, nos rins e pulmões e perda de audição de alta frequência têm sido reportados em alguns estudos de inalação crônica em roedores.

¹⁴ Petroquímica União S.A.. Idem

¹⁵ Copesul. Idem

¹⁶ EPA. Idem

3.1.3. Efeitos reprodutivos

Estudos humanos têm reportado o desenvolvimento de efeitos como disfunção do SNC, deficiência de atenção e anomalias menores crânio-faciais e dos membros, assim como atraso no desenvolvimento em crianças de mulheres grávidas expostas ao tolueno ou mistura de solventes por inalação abusiva¹⁷. Retardamento do crescimento e dismorfismo foram registrados em crianças de outro estudo. Entretanto, estes estudos foram confusos por exposição a múltiplas substâncias químicas. Crianças nascidas de usuários abusivos de tolueno exibiram acidose tubular renal. Efeitos reprodutivos, incluindo associação entre exposição ao tolueno e aumento da incidência de aborto espontâneo também foram notados. Entretanto, estes estudos não são conclusivos devido a muitas variáveis. Vários estudos de inalação mostraram que o tolueno é um tóxico desenvolvimental, mas não um tóxico reprodutivo.

3.1.4. Riscos de câncer

Em dois estudos epidemiológicos não foi detectado aumento estatisticamente significativo de risco de câncer devido à exposição ao tolueno por inalação¹⁸. Entretanto, esses estudos foram limitados, devido ao tamanho da amostra e à falta de dados históricos de monitoramento. A exposição crônica de ratos não produziu um aumento na incidência de lesões neoplásicas. A EPA apresenta o tolueno como não classificável como carcinógeno ao homem.

3.2. Efeitos ambientais

Consoante a Ficha de Segurança de Produto Químico da Petroquímica União S.A.¹⁹, o tolueno, em certas concentrações na atmosfera, forma misturas explosivas e tóxicas, é prejudicial à vida aquática, e pode contaminar o lençol freático. O tolueno é facilmente decomposto por microorganismos no solo. No ar, a substância combina-se com o oxigênio formando benzaldeído e cresol, que pode ser prejudicial à saúde das pessoas.

De acordo com a Ficha de Segurança de Produto Químico da Copesul²⁰, o tolueno apresenta nível de risco médio para sistemas aquáticos. É um líquido inflamável e pode acumular carga estática por fluxo ou agitação. Os vapores são mais pesados que o ar e podem propagar-se para longas distâncias até fontes de ignição e inflamar-se. Forma misturas explosivas com o ar acima de 4° C. É um produto volátil, apresenta mobilidade moderada no solo. Quanto à

¹⁷ EPA. Idem.

¹⁸ Idem

¹⁹ Petroquímica União S.A. Ficha de Segurança de Produto Químico – Tolueno.

²⁰ Copesul . Ficha de Segurança de Produto Químico – Tolueno.
<http://www.copesul.com.br/site/produtos/index.htm>

degradabilidade, a hidrólise e fotólise direta no solo não são significativas; é um produto biodegradável.

4. XILENO

O xileno é o nome comum ou genérico de um composto formado quase totalmente de hidrocarbonetos aromáticos, com faixa de destilação compreendida entre 137 e 140,2°C, em essência, os isômeros para-xileno, orto-xileno, meta-xileno e ainda pequena quantidade de etilbenzeno. A fórmula é $C_6H_4(CH_3)_2$, e também é conhecido pelos nomes xilenos, xilol, misturas de orto, meta e para xilenos, xilenos mistos e dimetilbenzeno. Segundo a EPA²¹, o xileno comercial ou misto contém cerca de 40-65% de *m*-xileno e até 20% de cada um dos outros isômeros (*o*-xileno e *p*-xileno) e etilbenzeno.

Esse produto é largamente utilizado pelas indústrias de tintas e vernizes. Possui grande utilização como solvente para resinas acrílicas. Dissolve a dibenzil celulose, o óleo de mamona, óleo de linhaça e borracha. É utilizado ainda nas formulações de tintas de impressão e tintas têxteis. Pela grande capacidade de dissolver altas concentrações de princípios ativos e sua alta volatilidade, o xileno é muito utilizado nas formulações de pesticidas.

É classificado como altamente inflamável e tóxico.

4.1. Efeitos à saúde

A substância é nociva por inalação, ingestão e em contato com a pele²². É irritante para a pele, olhos, mucosas e sistema respiratório superior. A ingestão e a inalação dos vapores pode causar dor de cabeça, náuseas, tonteira, sonolência e confusão.

De acordo com a Ficha de Segurança de Produto Químico da Petroquímica União S.A.²³, a inalação dos vapores pode irritar o nariz e a garganta. A inalação de altas concentrações pode causar náuseas, vômitos, dor de cabeça, tontura e severas dificuldades respiratórias. Altas concentrações do vapor têm efeitos anestésicos e depressores do sistema nervoso central. Quantidades insignificantes aspiradas para os pulmões, podem produzir pneumonia hemorrágica severa, com dano pulmonar ou morte. A ingestão causa sensação de queima na boca e estômago, náuseas, vômitos e salivação. Em contato com a pele, o produto atua como desengraxante e produz com frequência, uma dermatite característica. Pode ser absorvido pela pele. Os vapores causam irritação ocular. O produto em contato com os olhos, causa severa irritação, possíveis queimaduras nas córneas e dano ocular.

²¹ EPA. <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/xylenes.html>

²² Copesul. Ficha de Segurança de Produto Químico – Xileno

²³ Petroquímica União S.A. Ficha de Segurança de Produto Químico – Xileno.

Conforme a Petrobras Distribuidora, o Xileno BR é um solvente essencialmente aromático, cujo ponto de fulgor médio é de aproximadamente 27° C. A temperaturas superiores ao ponto de fulgor, os vapores liberados podem formar com o ar uma mistura inflamável. O seu manuseio requer os cuidados que se aplicam a todos os solventes petroquímicos. Deve-se evitar inalação, ingestão ou contato com a pele. É classificado como um produto que altera o comportamento. Recomenda-se não ultrapassar o limite de tolerância de 100 ppm.

4.1.1. Toxicidade aguda

De acordo com a Ficha de Segurança de Produto Químico da Copesul¹, a exposição por ingestão e inalação, mesmo por curtos períodos, pode causar depressão do sistema nervoso central com tontura, sonolência, perda de apetite, dor de cabeça, náuseas, perda de coordenação, confusão e inconsciência. É irritante para o aparelho respiratório e para a pele, e altamente irritante para os olhos. Pode causar irritação da conjuntiva.

Estudos realizados em seres humanos e em animais mostram que todos os isômeros do xileno ou misturas de xilenos produzem efeitos similares, embora isômeros específicos não sejam igualmente potentes na produção dos efeitos.²⁴ A exposição aguda de seres humanos ao xileno, por inalação, tem sido associada com: dispnéia e irritação do nariz e garganta; efeitos gastrointestinais tais como náusea, vômitos e desconforto gástrico; irritação dos olhos; e efeitos neurológicos tais como deficiência da memória de curto prazo, deficiência no tempo de reação, redução no desempenho em habilidade numérica e alterações no equilíbrio e balanço do corpo. A exposição aguda de seres humanos por via cutânea resulta em irritação da pele e secura e descamação da pele. A exposição aguda a uma mistura de tolueno e xilenos, por inalação, resultou em toxicidade respiratória e neurológica em seres humanos e animais maior que a simples adição. Estudos de exposição aguda em animais a misturas de xilenos, por inalação, registraram efeitos respiratórios, cardiovasculares, ao SNC, fígado e rins. Testes de exposição aguda de ratos e camundongos a misturas de xilenos mostraram de baixa a moderada toxicidade por inalação e moderada toxicidade por via oral.

4.1.2. Toxicidade crônica

Em seres humanos expostos a concentrações elevadas pode ocorrer tontura, excitação, sonolência e falta de coordenação psicomotora.²⁵ A inalação crônica pode causar dor de cabeça, perda de apetite, nervosismo e palidez cutânea. O contato repetido ou prolongado com a pele pode causar dermatite. A exposição repetida dos olhos ao vapor altamente concentrado pode causar danos oculares reversíveis. A exposição repetida pode prejudicar a

²⁴ EPA. <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/xylenes.html>

²⁵ Petroquímica União S.A.

medula óssea, produzindo baixas contagens de células sanguíneas, e causar danos ao fígado e aos rins. As pessoas com desordens cutâneas pré-existentes, problemas oculares, ou função hepática, renal, sanguínea ou respiratória deteriorada, podem ser mais suscetíveis aos efeitos desta substância.

De acordo com a EPA²⁶, a exposição crônica de seres humanos ao xileno resulta primariamente em efeitos no sistema nervoso central (SNC), tais como dor de cabeça, tontura, fadiga, tremores, descordenação, ansiedade, deficiência da memória de curto prazo e dificuldade de concentração. Efeitos respiratórios, tais como respiração ofegante e deficiência da função pulmonar, cardiovasculares, incluindo dor severa no peito, eletrocardiograma anormal, e renais também foram registrados. Misturas de xilenos não foram extensivamente testadas para efeitos crônicos, embora estudos em animais mostrem efeitos no fígado e SNC por inalação e exposição oral, e efeitos nos rins por exposição oral.

4.1.3. Efeitos reprodutivos

Vários estudos em seres humanos examinaram efeitos na exposição prolongada a solventes orgânicos (incluindo misturas de xilenos). Foi registrado um aumento potencial de abortos espontâneos de esposas de homens ocupacionalmente expostos. Entretanto, nenhuma conclusão pode ser tirada desses estudos porque envolveram exposição concomitante e múltiplas substâncias químicas²⁷. Misturas de xilenos produzem efeitos no desenvolvimento, incluindo aumento na incidência de alterações esqueléticas em fetos, atraso na ossificação, reabsorção fetal e redução do peso fetal em animais, por exposição por inalação. Alguns estudos também observaram toxicidade materna.

De acordo com a Ficha de Segurança de Produto Químico da Copesul²⁸, experimentos com animais em laboratório resultaram em efeitos mutagênicos teratogênicos e reprodutivos.

4.1.4. Riscos de câncer

Nenhuma informação é disponível sobre efeitos carcinógenos a seres humanos de mistura de xilenos. Assim, a EPA apresenta o xileno como não classificável como carcinógeno aos seres humanos. Não foram registrados aumentos de tumores em ratos e camundongos expostos a mistura de xilenos via “gavage” (colocação experimental da substância diretamente no estômago). Outros estudos em animais têm registrado resultados ambíguos²⁹.

²⁶ EPA. <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/xylenes.html>

²⁷ EPA. Idem

²⁸ Copesul

²⁹ EPA

4.2. Efeitos ambientais

Consoante a Ficha de Segurança de Produto Químico da Petroquímica União S.A.³⁰, o xileno, em determinadas concentrações na atmosfera, forma misturas explosivas e tóxicas, é prejudicial à vida aquática, e pode contaminar o lençol freático. Apresenta vida média na atmosfera de uma a dezoito horas. Em caso de derramamento no solo, espera-se que o produto se evapore em grau moderado, podendo, portanto, ocorrer percolação e contaminação de águas subterrâneas. Provoca contaminação atmosférica (liberação de gases tóxicos quando decomposto termicamente), de corpos de água, do solo e do lençol freático. As águas residuais de controle do fogo e as águas de diluição podem causar poluição. É considerado muito tóxico para a vida aquática.

De acordo com a Ficha de Segurança de Produto Químico da Copesul³¹, o xileno apresenta nível de risco médio para sistemas aquáticos. É um líquido inflamável e pode acumular carga estática por fluxo ou agitação. Os vapores são mais pesados que o ar e podem propagar-se para longas distâncias até fontes de ignição e inflamar-se. É um produto volátil, apresenta potencial muito alto para mobilidade no solo. Quanto à degradabilidade, o produto é foto e biodegradável. Apresenta baixo potencial de bioconcentração.

5. CICLOHEXANO

O ciclohexano é um hidrocarboneto, de fórmula molecular C_6H_{12} , também conhecido por hexahidrobenzeno, hexametileno e hexaafteno. É utilizado como matéria-prima para a fabricação de nylon, de solventes para resinas e tintas.

De acordo com a Ficha de Informação de Produto Químico da Cetesb, é irritante ao homem (olhos e mucosas) a 300 ppm. O vapor é irritante para os olhos, nariz e garganta. Se inalado, causará tontura, náusea, vômito ou perda da consciência. O líquido é irritante para a pele e para os olhos. É prejudicial se ingerido.

Na Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico da Braskem³², o produto é classificado como altamente inflamável. Os vapores de ciclohexano irritam o trato respiratório, a pele e os olhos. A inalação excessiva dos vapores pode originar depressão no sistema nervoso central, assim como degeneração hepática e renal. O contato prolongado e repetido com a pele pode causar irritação ou dermatites. Tem efeito narcótico e irrita as membranas mucosas. Em relação aos efeitos ambientais, considera-se que o produto, em baixas concentrações, é levemente tóxico à vida aquática e pode ser perigoso se atingir um reservatório de água. Quando liberado no solo, espera-se que a substância seja biodegradada em

³⁰ Petroquímica União S.A. Ficha de Segurança de Produto Químico – Xilenos

³¹ Copesul. Ficha de Segurança de Produto Químico - Xilenos

³² Braskem IN: <http://www.braskem.com.br/upload/FISPQ%20CICLOHEXANO.pdf>

uma extensão moderada, lixivie para o lençol freático e que haja rápida evaporação. Quando liberado no ar, espera-se que exista uma imediata degradação por meio de reação fotoquímica, produzindo radicais de hidroxil. Tem uma meia-vida entre 1 a 10 dias.

Conforme o “Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas - Fichas Internacionales de Seguridad Química”, a substância irrita os olhos e o trato respiratório. A ingestão do líquido pode levar à sua aspiração pelos pulmões, com risco de pneumonia química. O contato prolongado ou repetido com a pele pode produzir dermatite. A substância é nociva para os organismos aquáticos.

6. HEXANO

O hexano é um solvente alifático, que apresenta hidrocarbonetos isômeros com 6 átomos de carbono e é obtido por destilação fracionada de frações do petróleo, com faixa de destilação compreendida entre 62 a 74°C. É um líquido incolor, com odor característico e insolúvel em água.

É utilizado principalmente na extração de óleos e gorduras vegetais ou animais. Além desses usos, o produto é também utilizado em outros segmentos industriais, tais como na indústria de adesivos, quando se necessita de elevada taxa de evaporação, e na indústria de borrachas leves, além de outras aplicações.

De acordo com a Petrobras Distribuidora³³, o hexano é classificado como um produto que altera o comportamento. Deve-se evitar a inalação de seus vapores e um contato prolongado com a pele e recomenda-se não ultrapassar o limite de tolerância de 50 ppm.

Na página da Refinaria Alberto Pasqualini – Refap³⁴, encontra-se que o produto é altamente inflamável e reage violentamente com materiais oxidantes. Em relação à saúde, é narcótico e irritante, podendo causar queimadura química em contato prolongado. O produto é considerado poluente hídrico, podendo transmitir qualidades indesejáveis à água, com prejuízo de seu uso, pode afetar o solo e, por percolação, degradar a qualidade da água do lençol freático. Também seus vapores são prejudiciais ao meio ambiente.

Para a EPA, a exposição aguda de seres humanos por inalação, a altos níveis de hexano, causa efeitos moderados ao sistema nervoso central, incluindo tonturas, vertigens, náuseas e dor de cabeça. A exposição aguda a vapores de hexano pode causar dermatite e irritação dos olhos e garganta em seres humanos. Testes de exposição aguda de ratos ao hexano demonstraram baixa toxicidade, tanto por inalação quanto por ingestão.

³³ Petrobras Distribuidora. <http://www.br.com.br/portalbr/pdf/especiais/hexano.pdf>

³⁴ Refinaria Alberto Pasqualini. <http://www.refap.com.br/hexano.asp>

A exposição crônica de seres humanos ao hexano no ar está associada com polineuropatia, dormência das extremidades, fraqueza muscular, escurecimento da visão, dor de cabeça e fadiga. Também foram observados efeitos neurotóxicos em ratos da exposição crônica por inalação. Lesões moderadas inflamatórias, erosivas e degenerativas no epitélio respiratório da cavidade nasal foram observados em ratos expostos por inalação crônica. Lesões pulmonares também foram observadas em coelhos expostos cronicamente.

Não há informação disponível sobre efeitos do hexano na reprodução ou no desenvolvimento de seres humanos. Foram observados danos nos testículos de ratos expostos ao hexano por inalação. Não foram observados efeitos teratogênicos na prole de ratos expostos via inalação em vários estudos.

Não há informações sobre efeitos carcinogênicos do hexano em seres humanos ou animais.

7. NAFTA PETROQUÍMICA

Na página da Refinaria Alberto Pasqualini – Refap³⁵, encontra-se que o produto é um líquido volátil, inflamável e de odor característico. É uma mistura de hidrocarbonetos com variação na faixa de C4 a C12. A nafta é utilizada como matéria-prima para as centrais petroquímicas. O produto é capaz de detonação ou de reação explosiva em presença de fonte de ignição, ou se houver aquecimento deste, e é sensível a choques térmicos ou mecânicos a temperatura e pressões elevadas.

Em relação à saúde, é irritante para a pele, olhos e membranas mucosas das vias respiratórias superiores, e ingressa no organismo através da inalação do vapor.

É um produto altamente tóxico à vida aquática, principalmente pela presença de aromáticos, podendo transmitir qualidades indesejáveis à água, com prejuízo de seu uso. Pode afetar o solo e, por percolação, degradar a qualidade das águas do lençol freático. Também seus vapores são prejudiciais ao meio ambiente.

8. SOLVENTE DE BORRACHA - SB

Na página da Refinaria Alberto Pasqualini – Refap³⁶, encontra-se que o produto é um solvente alifático, apresentando hidrocarbonetos obtidos por destilação fracionada de frações do petróleo, com faixa de destilação compreendida entre 52 a 128° C. É um líquido

³⁵ Refinaria Alberto Pasqualini. <http://www.refap.com.br/nafta.asp>

³⁶ Refinaria Alberto Pasqualini. <http://www.refap.com.br/solvente.asp>

incolor, com odor característico, e é insolúvel em água. É altamente inflamável e reage violentamente com materiais oxidantes.

Em relação à saúde, é narcótico e irritante, podendo causar queimadura química em contato prolongado.

Assim como a maioria dos hidrocarbonetos, sua presença pode transmitir qualidades indesejáveis à água, afetando o seu uso. Pode afetar o solo e, por percolação, degradar a qualidade das águas do lençol freático. Também seus vapores são prejudiciais ao meio ambiente.

9. ALCANOS

Os alcanos são hidrocarbonetos alifáticos, caracterizados por cadeias abertas de carbonos com uma ligação simples entre carbonos adjacentes. Os alcanos geralmente não preocupam no que concerne aos aspectos toxicológicos³⁷. Além do perigo de fogo e explosão, as principais preocupações parecem ser os efeitos potenciais ao SNC e ainda por serem asfixiantes ou irritantes.

Em seres humanos, a inalação de altas concentrações de alcanos pode resultar em efeitos anestésicos ou narcose. Os alcanos são depressores do SNC. Alguns alcanos, incluindo os mais comuns como o propano e o butano, são asfixiantes. Em mamíferos, os alcanos podem solubilizar gorduras ou membranas mucosas e podem penetrar nas fibras nervosas de mielina. Entretanto, alcanos de alto peso molecular são considerados virtualmente não tóxicos. O hexano (ver item específico) parece ser o mais tóxico dos alcanos. Os estudos atuais indicam que nenhum dos alcanos possui propriedades carcinógenas, teratogênicas ou mutagênicas (o que não pode ser dito dos alcanos clorinados e halogenados). A persistência no meio ambiente é baixa. Os alcanos degradam-se mais rapidamente que outros hidrocarbonetos.

Conforme a EPA, nos alcanos com oito carbonos ou menos, a toxicidade é inversamente proporcional ao peso molecular.

10. CONCLUSÕES

A análise das informações relativas à toxicidade de cada uma das substâncias adicionadas irregularmente à gasolina leva a concluir que tal adulteração produz efeitos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública, uma vez que todas as substâncias citadas são tóxicas, em maior ou menor grau. Uma delas, o benzeno, é considerada, inclusive, uma das mais tóxicas de todas as utilizadas nos processos industriais. A adulteração, com certeza, levará à extrapolação dos teores máximos que a gasolina deveria conter de benzeno, dos hidrocarbonetos

³⁷ www.nature.nps.gov/hazardssafety/toxic/alkanes.pdf



aromáticos em geral e dos hidrocarbonetos olefínicos. Não é possível, todavia, quantificar esses efeitos, uma vez que não há informações das proporções de cada um dos solventes utilizados na adulteração.

Os problemas imediatos estão relacionados com a maior exposição dos trabalhadores de postos de venda de combustível, assim como dos consumidores durante o abastecimento dos veículos, a uma concentração maior de substâncias tóxicas, sem contar a exposição dos trabalhadores envolvidos no próprio processo de adulteração da gasolina.

Mais difícil de avaliar é o aumento da emissão de diferentes poluentes atmosféricos, pela combustão do combustível adulterado, e os poluentes secundários originados pela reação química dos primeiros com componentes naturais da atmosfera, como por exemplo ozônio, uma substância altamente prejudicial ao meio ambiente e à saúde humana.

**ANEXO I - TABELA DE ESPECIFICAÇÃO DA GASOLINA (PORTARIA ANP
309/2001)**

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	ESPECIFICAÇÃO				MÉTODO	
		Gasolina Comum		Gasolina Premium		ABNT	ASTM
		Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C		
Cor	—	(1)	(2)	(1)	(2)	visual (3)	
Aspecto	—	(4)	(4)	(4)	(4)		
Álcool Etílico Anidro Combustível - AEAC	%vol	1 máx (5).	(6)	1 máx. (5)	(6)	NBR 13992	
Massa específica a 20°C	kg/m ³	anotar	anotar	anotar	anotar	NBR 7148 NBR 14065	D 1298 D 4052
Destilação						NBR 9619	D 86
10% evaporado, máx.	°C	65,0	65,0	65,0	65,0		
50% evaporado, máx.	°C	120,0	80,0	120,0	80,0		
90% evaporado, máx.(7)	°C	190,0	190,0	190,0	190,0		
PFE, máx.	°C	220,0	220,0	220,0	220,0		
Resíduo, máx.	%vol	2,0	2,0	2,0	2,0		
Nº de Octano Motor MON, mín.	—	(8) (9)	82,0 (9)	—	—	MB 457	D 2700
Índice Antidetonante – IAD, mín.(10)	—	(8)	87,0	(8)	91,0	MB 457	D 2699 D 2700
Pressão de Vapor a 37,8 °C (11)	kPa	45,0 a 62,0	69,0 máx.	45,0 a 62,0	69,0 máx.	NBR 4149 NBR 14156	D 4953 D 5190 D 5191 D 5482
Goma Atual Lavada, máx.	mg/100 ml	5	5	5	5	NBR 14525	D 381
Período de Indução a 100°C, mín.	min	(12)(13)	360	(12)(13)	360	NBR 14478	D 525
Corrosividade ao Cobre a 50°C, 3h, máx.	—	1	1	1	1	NBR 14359	D 130
Enxofre, máx. (14)	% massa	0,12	0,10	0,12	0,10	NBR 6563 NBR 14533	D 1266 D 2622 D 3120 D 4294 D 5453

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	ESPECIFICAÇÃO				MÉTODO	
		Gasolina Comum		Gasolina Premium		ABNT	ASTM
		Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C		
Benzeno, máx. (14)	%vol	1,2	1,0	1,9	1,5	—	D 3606 D 5443 D 6277
Chumbo, máx. (5)	g/L	0,005	0,005	0,005	0,005	—	D 3237
Aditivos (15)	—	—	—	—	—	—	—
Hidrocarbonetos: (14) (16)	%vol					MB 424	D 1319
Aromáticos, máx. (17)		57	45	57	45		
Olefínicos, máx. (17)		38	30	38	30		

(1) De incolor a amarelada, isenta de corante.

(2) De incolor a amarelada se isenta de corante cuja utilização é permitida no teor máximo de 50ppm com exceção da cor azul, restrita à gasolina de aviação

(3) A visualização será realizada em proveta de vidro, conforme a utilizada no Método NBR 7148 ou ASTM D 1298.

(4) Límpido e isento de impurezas.

(5) Proibida a adição. Deve ser medido quando houver dúvida quanto à ocorrência de contaminação.

(6) O AEAC a ser misturado às gasolinas automotivas para produção da gasolina C deverá estar em conformidade com o teor e a especificação estabelecidos pela legislação em vigor.

(7) No intuito de coibir eventual presença de contaminantes o valor da temperatura para 90% de produto evaporado não poderá ser inferior à 155 °C para gasolina A e 145°C para gasolina C.

(8) A Refinaria, a Central de Matérias-Primas Petroquímicas, o Importador e o Formulador deverão reportar o valor das octanagem MON e do IAD da mistura de gasolina A, de sua produção ou importada, com AEAC no teor mínimo estabelecido pela legislação em vigor.

(9) Fica permitida a comercialização de gasolina automotiva com MON igual ou superior a 80 até 30/06/2002.

(10) Índice antidetonante é a média aritmética dos valores das octanagens determinadas pelos métodos MON e RON.

(11) Para os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Tocantins, bem como para o Distrito Federal, admite-se, nos meses de abril a novembro, um acréscimo de 7,0kPa ao valor máximo especificado para a Pressão de Vapor.

(12) A Refinaria, a Central de Matérias-Primas Petroquímicas, o Importador e o Formulador deverão reportar o valor do Período de Indução da mistura de gasolina A, de sua produção ou importada, com AEAC no teor máximo estabelecido pela legislação em vigor.

(13) O ensaio do Período de Indução só deve interrompido após 720 minutos, quando aplicável, em pelo menos 20% das bateladas comercializadas. Neste caso, e se interrompido antes do final, deverá ser reportado o valor de 720 minutos.

(14) Os teores máximos de Enxofre, Benzeno, Hidrocarbonetos Aromáticos e Hidrocarbonetos Olefínicos permitidos para a gasolina A referem-se àquela que transformar-se-á em gasolina C através da adição de 22%±1% de álcool. No caso de alteração legal do teor de álcool na gasolina os teores máximos permitidos para os componentes acima referidos serão automaticamente corrigidos proporcionalmente ao novo teor de álcool regulamentado.

(15) Utilização permitida conforme legislação em vigor, sendo proibidos os aditivos a base de metais pesados.

(16) Fica permitida alternativamente a determinação dos hidrocarbonetos aromáticos e olefínicos por cromatografia gasosa. Em caso de desacordo entre resultados prevalecerão os valores determinados pelos ensaios MB424 e D1319.

(17) Até 30/06/2002 os teores de Hidrocarbonetos Aromáticos e Olefínicos podem ser apenas informados.