



# Formulação Sustentável de Tintas para Botijões de Gás: Aplicação de Solventes Verdes de Menor Impacto Ambiental por Compensação

## CATEGORIA: MEIO AMBIENTE

### PARTICIPANTES:



**Antonio Augusto Moraes**

**Altenei Antão Fernandes**

**Maria Cristina de Souza**

**Renan do Nascimento Lopes**

**Valdir Reginaldo da Silva**



**Ademilton Pires Maciel**

**Marcos Cesar Siqueira**

**Tatiane Bernardino de Seixas Carvalho da Silva**

**Claudio Roberto da Silva Bezerra**

<b>Dados dos participantes</b>		
<b>Empresa</b>	<b>Nome</b>	<b>E-mail</b>
<b>Horos Tintas</b>	Antonio Augusto Moraes	moraes@horos.com.br
	Altenei Antão Fernandes	altenei@horos.com.br
	Maria Cristina de Souza	qualidade@horos.com.br
	Renan do Nascimento Lopes	processos@horos.com.br
	Valdir Reginaldo da Silva	desenvolvimento@horos.com.br
<b>Ultragaz</b>	Ademilton Pires Maciel	Ademilton.maciell@ultragaz.com.br
	Marcos Cesar Siqueira	ugdesenv@ultragaz.com.br
	Tatiane Bernardino de Seixas Carvalho da Silva	tatiane.bernardino@ultragaz.com.br
	Claudio Roberto da Silva Bezerra	claudio.bezerra@ultragaz.com.br

## 1- Breve histórico das empresas participantes

### 1.1- Horos Indústria de Tintas Ltda.

A Horos Indústria de Tintas Ltda., atua em segmento de tintas especializada no ramo industrial procurando soluções para seus parceiros que tornem os processos mais competitivos e amigáveis ao meio ambiente. Iniciou suas atividades em março de 1990 e pela sua competência, seriedade em entender cada alteração que o mercado impõe no dia a dia, continua sua trajetória de crescimento, baseado na responsabilidade que o relacionamento entre as partes interessadas nos negócios que participa se faz necessário e fundamental.



Desde 1995 vem atuando no segmento de produtos para revestimento de cilindros de GLP novos, requalificados, para repintura nos plantas e proteção das instalações, procurando continuamente inovar neste mercado. Seus parceiros neste segmento são as principais empresas fabricantes de cilindros e distribuidoras de GLP.

As Políticas, de Qualidade, Meio Ambiente e Segurança da Horos são o suporte para um atendimento aos requisitos e a satisfação das necessidades dos parceiros. A inovação e melhoria contínua de seus produtos e serviços fazem partes de seu Sistema de Gestão do dia a dia.

Com sua planta industrial localizada em Guarulhos, desenvolveu um sistema de programação e logística rápida, eficiente e adequada, para o cumprimento dos prazos e atendendo as normas exigidas para o transporte do produto para cada ponto de distribuição pelo Brasil.



### 1.2- Cia Ultragaz S/A

A Ultragaz S.A. foi pioneira no Brasil ao introduzir o conceito de entrega de botijões de gás domiciliar, uma ideia inovadora trazida por Ernesto Igel, um austríaco que fundou a empresa em 1937. Desde seu início com apenas três caminhões e um pequeno número de clientes, a Ultragaz cresceu rapidamente, consolidando-se como uma das principais fornecedoras de GLP do país. Seu sucesso pode ser atribuído à constante busca por inovação, que se tornou uma marca registrada da empresa. A introdução de sistemas modernos de entrega e a expansão de suas operações ajudaram a criar uma base sólida de clientes, que se multiplicou ao longo dos anos.

A Ultragaz sempre se destacou por sua capacidade de se adaptar às necessidades do consumidor. A implementação de tecnologias como pedidos pela internet e pagamentos com cartões diretamente nos caminhões transformou a experiência de compra. Além disso, a empresa investiu em soluções que promovem a sustentabilidade, como a Revenda Sustentável em Fortaleza, evidenciando seu compromisso com práticas ecológicas.



O foco no cliente se intensificou com o desenvolvimento de aplicativos que melhoraram a interatividade e o acompanhamento de pedidos, proporcionando uma experiência de compra mais prática e conectada. A criação de plataformas de capacitação, como a Academia Online, também refletiu seu empenho em formar uma equipe de vendas bem-preparada, capaz de atender às demandas de um mercado em constante evolução.

Com uma trajetória marcada por inovações e um compromisso firme com a qualidade, a Ultragaz não apenas se estabeleceu como líder no setor, mas também continua a moldar o futuro do mercado de GLP, sempre em sintonia com as expectativas e necessidades de seus consumidores. A história da empresa é um exemplo de como visão e adaptação podem transformar um negócio e oferecer soluções eficazes e sustentáveis para o dia a dia das pessoas.

## 2- Problemas e Oportunidades

Desde o início da parceria Ultragaz a preocupação sempre foi além da qualidade e produtividade dos botijões P-13 pintados, mas também a conservação do meio ambiente. É sabido que os solventes que entram na composição de um esmalte para repintura dos vasilhames têm na sua composição solventes orgânicos que são prejudiciais para o aquecimento terrestre.

Diante disto a parceria Ultragaz e Horos vem trabalhando em melhorias deste cenário :

1. Aumento dos sólidos dos Esmaltes .
2. Retirada de solventes Aromáticos nas suas formulações.
3. Uso de solventes com menor MIR.
4. **Uso de solventes verdes e compensação de carbono. (Proposta Atual)**

Nossa ideia sempre foi reduzir o impacto que estes produtos possam trazer ao colaborador da Ultragaz e Horos e não só cumprimos as demandas regulatórias.

A parceria Ultragaz - Horos continua sempre buscando soluções criativas que ajudem na redução da pegada de Carbono.

Este trabalho mostrará como é possível de termos alternativas inovadoras que se não conseguem ainda uma redução de VOC significativa, recorrem a produtos renováveis que compensam a emissão de Carbonos gerado pela pintura dos botijões de 13 kg.

### 3- Fundamentação Teórica

#### 3.1 Definição e características dos solventes verdes

Os solventes verdes podem ser definidos como substâncias que, para serem obtidos, geram uma compensação ao meio ambiente, diferente dos solventes derivados de petróleo que são explorados até sua escassez.

Entre as principais características dos solventes verdes, destacam-se:

- Origem renovável: obtidos a partir de biomassa, resíduos agroindustriais, açúcares, óleos vegetais ou subprodutos da produção de biocombustíveis.
- Biodegradabilidade: capacidade de degradação por processos naturais, reduzindo a persistência no ambiente e mitigando impactos ecotoxicológicos.
- Baixa inflamabilidade: muitos apresentam pontos de fulgor mais elevados que os solventes aromáticos tradicionais, diminuindo riscos de incêndio.

#### 3.2 Exemplos de solventes verdes aplicados em tintas

Diversos compostos de origem renovável ou projetados para serem ambientalmente mais seguros já encontram aplicação em formulações industriais, incluindo tintas e revestimentos. Entre os mais relevantes, podem ser citados:

Solvente	Origem	VOC (g/L)	MIR (g O <sub>3</sub> /g VOC)	Biodegradável	Observações Técnicas
Éteres de glicol	Oxidação de álcoois	Baixo	Baixo	Sim	Solventes oxigenados, baixa reatividade fotoquímica

Solvente	Origem	VOC (g/L)	MIR (g O <sub>3</sub> /g VOC)	Biodegradável	Observações Técnicas
Acetato de etila	Renovável (canaveira ou milho)	Médio	Baixo	Sim	Boa evaporação, odor suave, compatível com resinas
Álcool etílico	Renovável (fermentação vegetal)	Baixo	Muito baixo	Sim	Excelente biodegradabilidade, pode exigir co-solvente
Mistura de hidrocarbonetos terpênicos	Renovável (resina de pinus)	Médio	Médio	Parcialmente	Aroma característico, boa solvência para óleos e resinas naturais

Esses solventes não apenas substituem, parcial ou integralmente, os derivados de petróleo, mas também agregam vantagens ambientais e regulatórias, ao mesmo tempo em que permitem o desenvolvimento de tintas mais alinhadas às exigências de sustentabilidade.

### 3.3 Parâmetros ambientais e toxicológicos: VOC e MIR

Na avaliação da sustentabilidade de formulações de tintas dois fatores devem ser considerados, o VOC (Volatile Organic Compounds) e o MIR (Maximum Incremental Reactivity).

#### 3.3.1 VOC – Volatil Organic Compounds

O parâmetro VOC representa a quantidade de compostos orgânicos voláteis liberados por uma formulação sob condições normais de uso e secagem. É geralmente expresso em g/L de tinta pronta para aplicação.

A emissão de VOCs está diretamente associada à degradação da qualidade do ar e à formação de poluentes atmosféricos. Regulamentações ambientais, como as estabelecidas pela Environmental Protection Agency (EPA) nos Estados Unidos e pela União Europeia, impõem limites cada vez mais restritivos para o teor de VOC em revestimentos.

A redução do VOC em tintas não apenas assegura a conformidade legal, mas também melhora o ambiente de trabalho e diminui a exposição de operadores a compostos potencialmente nocivos.

### 3.3.2 MIR – Maximum Incremental Reactivity

O parâmetro MIR avalia a reatividade de um composto orgânico na formação de ozônio toposférico, um dos principais constituintes do smog fotoquímico.

O MIR é definido como a quantidade máxima de ozônio gerada por grama de composto emitido, em comparação com outros solventes.

Solventes com alto valor de MIR apresentam maior contribuição para a formação de poluição fotoquímica, enquanto solventes com baixo MIR são preferíveis em formulações ambientalmente responsáveis.

### 3.4 Relevância do VOC e MIR para tintas de botijões de gás

Parâmetro	Impactos principais	Relevância na formulação de tintas
VOC (Volatile Organic Compounds)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contribui para poluição atmosférica.</li> <li>- Afeta a saúde ocupacional (toxicidade, irritações).</li> <li>- Influencia a qualidade do ar interno e externo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicador regulatório de sustentabilidade.</li> <li>- Base para limites legais (EPA, UE, ANVISA, CONAMA).</li> <li>- Reduzir VOC significa melhorar segurança no processo de pintura e atender normas ambientais.</li> </ul>
MIR (Maximum Incremental Reactivity)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Associado à formação de poluentes secundários.</li> <li>- Impacta diretamente a qualidade do ar em centros urbanos.</li> <li>- Nem sempre correlacionado ao valor de VOC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite selecionar solventes menos reativos, mesmo quando o VOC é semelhante.</li> <li>- Critério adicional para reduzir impactos ambientais.</li> <li>- Ajuda a diferenciar formulações mais sustentáveis.</li> </ul>

## 4- Aplicação em tintas industriais

### 4.1- Requisitos técnicos para tintas de repintura em botijões de gás

A repintura de botijões de gás representa um dos segmentos mais críticos do segmento de GLP, o revestimento deve cobrir as marcas de manuseios anteriores, manchas e impurezas na superfície dos botijões.

Entre os requisitos técnicos mais relevantes destacam-se:

- Aderência ao substrato: deve suportar atritos decorrentes da linha, manuseio e transporte.
- Estabilidade da cor e do brilho: o revestimento deve manter sua aparência ao final da linha.
- Tempo de secagem adequado: a aplicação em escala industrial requer processos rápidos, com o mínimo de gargalos na linha de repintura.

### 4.2- Desafios na substituição de solventes

A substituição de solventes em formulações de tintas representa um desafio complexo, envolvendo aspectos técnicos, ambientais e econômicos. Entre os principais obstáculos, podem-se citar:

- Compatibilidade química: solventes verdes nem sempre apresentam miscibilidade adequada com as resinas convencionais utilizadas em sistemas industriais.
- Taxa de evaporação: muitos solventes alternativos apresentam volatilidade reduzida em comparação aos solventes tradicionais, o que pode comprometer o tempo de secagem e a produtividade da linha de pintura.
- Custo de formulação: em alguns casos, os solventes verdes ainda apresentam preço mais elevado, o que pode impactar a viabilidade econômica da substituição em larga escala.

## 5- Metodologia

A metodologia deste estudo foi estruturada de forma a permitir a avaliação comparativa, tanto em laboratório quanto no campo, entre duas formulações de tinta destinadas à repintura de botijões de gás:

- Formulação convencional: Tinta ISA utilizada atualmente, contendo solventes de origem fóssil, amplamente utilizada na indústria de repintura.
- Formulação alternativa: Tinta ISF contendo solventes verdes, de origem renovável, com menor impacto ambiental, desenvolvida para atender

aos requisitos do segmento mantendo o desempenho da tinta utilizada atualmente.

O objetivo foi verificar a viabilidade técnica da substituição de solventes convencionais por solventes verdes sem comprometer a performance da tinta em condições reais de aplicação.

### 5.1 – Testes de controle em laboratório

Para avaliar a viabilidade técnica da utilização de solventes verdes na formulação de tintas para repintura de botijões de gás, foi conduzida uma série de testes de controle em laboratório.

O objetivo foi comparar o desempenho da formulação convencional, com solventes de origem fóssil, em relação à formulação alternativa contendo solventes verdes, considerando parâmetros fundamentais de qualidade exigidos pela operação de repintura.

Os ensaios foram conduzidos seguindo as especificações do nosso parceiro Ultragaz e das normas técnicas reconhecidas (ASTM, ABNT, ISO).

#### 5.1.2- Resultados comparativos

Ensaio	Tinta Convencional (solventes fósseis)	Tinta com Solventes Verdes	Resultado Comparativo
Cobertura	9	9	Equivalente
Tempo de secagem	50 s	45 s	Equivalente
Brilho	78 UB	76 UB	Equivalente
Teor de sólidos (%)	45%	45%	Equivalente
Salt Spray	72 h	72 h	Equivalente

#### 5.1.3- Discussão dos resultados testes de laboratório

Os resultados evidenciam que a substituição parcial dos solventes de origem fóssil por solventes verdes não comprometeu o desempenho técnico da tinta.

Em todos os parâmetros avaliados, as formulações apresentaram valores muito próximos, confirmando a viabilidade de uso dos solventes sustentáveis sem perdas significativas de performance.

Esses achados reforçam a possibilidade de adoção gradual de tecnologias mais limpas na indústria de repintura de botijões de gás, conciliando eficiência industrial com benefícios ambientais.

## 5.2- Testes de campo

A tinta foi testada por um período de uma semana na base Ultragaz de Capuava, com o objetivo de avaliar sua eficiência e desempenho em condições reais de aplicação quando comparada a tinta utilizada atualmente.

Durante esse período, foram observadas as principais características para o processo de repintura como, por exemplo, cobertura, secagem e brilho. Os resultados obtidos serviram como base para validar a viabilidade técnica do uso do produto no processo de pintura das bases da Ultragaz.

### 5.2.1 - Resultados - Testes de campo

A tinta foi testada na unidade durante dois dias, mantendo as mesmas condições de aplicação que base utiliza diariamente e, ao final do período de testes, apresentou um resultado satisfatório.

Nos parâmetros mais críticos que são observados ao final do processo a tinta com formulação sustentável mostrou-se tão eficiente quanto o produto que é utilizado atualmente.

Rendimento médio (Botijões P13)	
Tinta Ecológica	82 P13 por litro de tinta
Tinta Padrão	88 P13 por litro de tinta

### 5.2.2 - Conclusão - Testes de campo

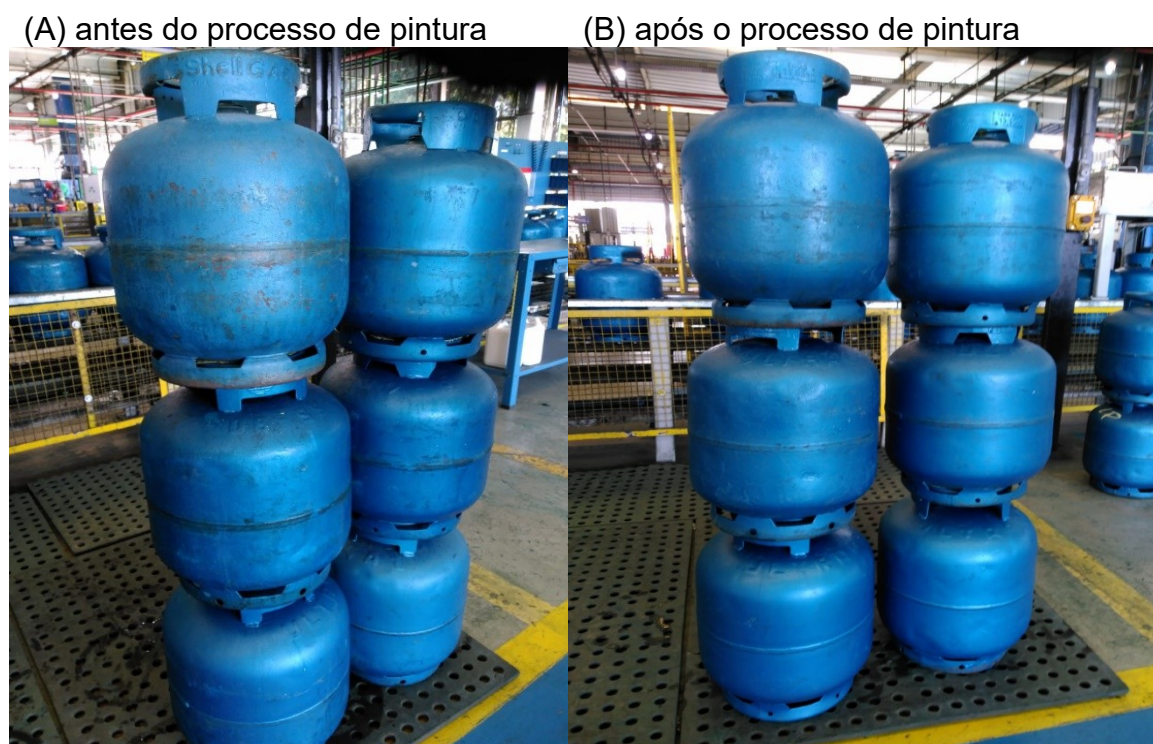
Os testes de campo realizados com a tinta ecológica demonstraram viabilidade técnica e operacional para aplicação em escala industrial. Durante os dois dias de testes foi observada uma evolução significativa no rendimento de pintura. No primeiro dia, o rendimento foi de 76 P13/L, valor impactado por fatores como ajustes iniciais do sistema, limpeza da linha para remoção da tinta convencional, calibração dos parâmetros operacionais e ambientação do operador ao novo produto. No segundo dia, com o processo estabilizado, o rendimento aumentou para 87 P13/L. A média de rendimento da tinta ecológica foi de 82 P13/L, comparada à média mensal da tinta padrão de 88 P13/L.

A cobertura da tinta está diretamente relacionada à integridade dos recipientes, sendo influenciada por deformações físicas e/ou presença de corrosão

química. No primeiro dia de testes, a produção ocorreu em dois turnos, utilizando parte dos vasilhames provenientes da região de Santos — área litorânea que, historicamente, apresenta maior incidência de ação química sobre os recipientes, o que impacta negativamente o rendimento de pintura. Já no segundo dia, a produção foi realizada em apenas um turno, com encerramento antecipado para liberação da cabine de pintura e avaliação do insumo, o que também influenciou os resultados obtidos.

Apesar dessas variáveis, a tinta ecológica apresentou excelente cobertura e estabilidade de brilho, conforme ilustrado na Figura 1. A aderência ao substrato foi eficiente e o tempo de secagem mostrou-se significativamente reduzido, contribuindo para a diminuição de problemas como acúmulo de tinta nas curvas e transportadores da linha de produção. Não houve intercorrências como entupimento de bicos ou filtros, o que facilitou a aplicação e favoreceu a limpeza da cabine e dos instrumentos utilizados.

**Figura 1- Cobertura dos botijões P13 antes do processo de pintura (A) e após o processo de pintura (B).**



A percepção dos operadores ao final da linha foi positiva, destacando a facilidade de aplicação e a qualidade do acabamento. Contudo, foram registrados casos pontuais de cobertura esbranquiçada em alguns recipientes. Para investigar esse comportamento, foi realizado um teste adicional de exposição ambiental, conforme Figura 2.

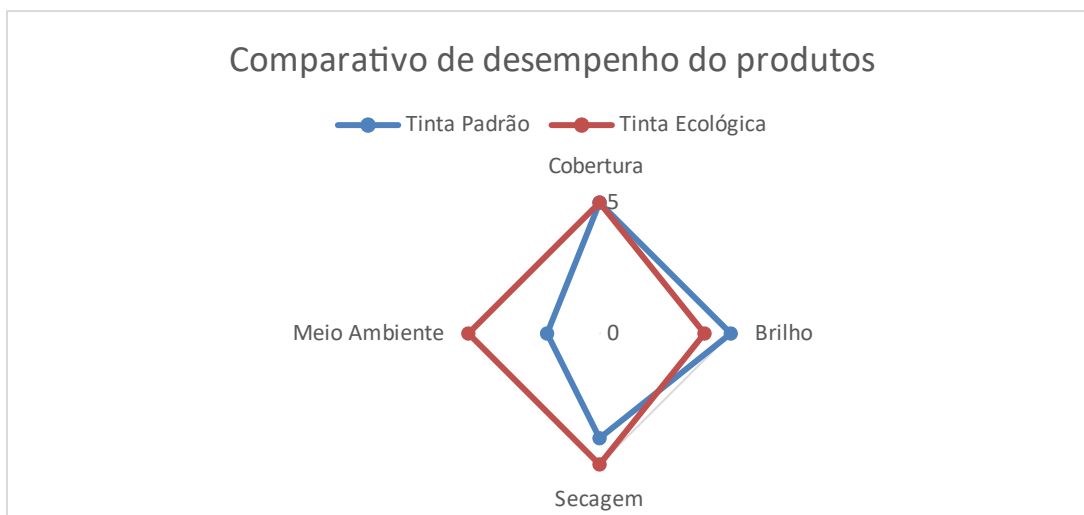
Essa etapa reforça o compromisso com a experiência do cliente, essencial para a construção dos padrões de qualidade do produto. Durante o período de exposição, não foram registradas reclamações, e seguimos monitorando

nossos canais de atendimento e mantendo contato direto com os parceiros, com foco na construção de um relacionamento sólido e eficaz.

**Figura 2- Exposição ambiental dos recipientes P13 com a tinta ecológica (A) e com a tinta padrão (B).**



Com a introdução do novo insumo, alguns operadores relataram desconforto pontual relacionado ao odor da tinta. Historicamente, esse tipo de reação tende a diminuir com o tempo, à medida que o organismo se adapta ao novo composto.



### 5.3 – Discussão Ambiental

#### 5.3.1- Tabela dos thinners usados na avaliação.

Composição Comparativa			
Componente	Thinner ISA (%)	Thinner ISF (%)	Impacto Ambiental
Álcool	42,67	31,71	Menor toxicidade, biodegradável
Hidrocarboneto Alifático A	4,83	0	Derivado de petróleo, alto VOC
Éster	24,50	51,76	Pode ser biodegradável, depende do tipo
Hidrocarboneto Alifático B	28,01	0	Derivado de petróleo, alto VOC
Terpeno Vegetal	0	16,72	Fonte renovável, baixo impacto

#### Thinner ISA:

- Contém dois tipos de hidrocarbonetos alifáticos (A e B), que são derivados de petróleo e emitem VOCs (compostos orgânicos voláteis), contribuindo para poluição atmosférica e riscos à saúde.
- Possuem a maior capacidade de gerar O<sub>3</sub> para atmosfera decorrente do M I R, que será calculado posteriormente.
- Possuem menor percentual de Compensação pois na sua composição entram componentes derivados de petróleo, sua origem é somente extrativista.

**Thinner ISF:**

- Elimina completamente os hidrocarbonetos alifáticos, o que embora tem o mesmo VOC tem a tendência de uma capacidade menor de gerar O<sub>3</sub> decorrente de um MIR menor.
- Substitui parte dos solventes que possuem origem vegetais — derivados de fontes renováveis como pinho ou cana de açúcar — que são menos agressivos ao meio ambiente por causa da compensação para sua obtenção.

**Conclusão:**

**Thinner ISF** apresenta uma formulação mais amigável ao meio ambiente:

- Menor uso de derivados de petróleo
- Inclusão de solventes vegetais
- Potencialmente menor emissão de MIR por VOCs

O laboratório Horos procurou uma composição de solventes que propiciasse uma aplicação similar dos produtos no campo, mantendo se a mesma plataforma de formulação consolidada com muito bons resultados no decorrer do tempo.

Baseados nos parâmetros abaixo, calculamos o VOC e o MIR por botijão de P-13 pintado nas bases da Ultragaz:

<b>Quantidade de botijões por Litro</b>	90
<b>Sólidos da tinta</b>	45 %
<b>PE</b>	0,960

### PASSO 1: VOC TOTAL POR LITRO

Como 55% da tinta são solventes:

- **VOC por litro** = 55% de 1000 g (densidade aproximada da tinta líquida)  
→ VOC ≈ 550 g/L

---

### PASSO 2: VOC POR BOTIJÃO

- **VOC por botijão** = 550 g ÷ 90  
→ VOC ≈ 6,11 g/botijão
- 

### RESULTADO PARA THINNER ISA

Métrica	Valor por botijão de 13 kg
VOC emitido	≈ 6,11 g
MIR total	≈ 4,45 g de ozônio

### RESULTADO PARA THINNER ISF

Métrica	Valor por botijão de 13 kg
VOC emitido	≈ 6,11 g
MIR total	≈ 3,24 g de ozônio

### COMPARATIVO FINAL

Métrica	ISA (g/botijão)	ISF (g/botijão)	Diferença
VOC emitido	6,11	6,11	—
MIR total	4,45	3,24	↓ 27%

### Conclusão:

O Thinner ISF mantém o mesmo nível de VOC por botijão, mas reduz o potencial de formação de ozônio (MIR) em cerca de 27%, graças à substituição dos hidrocarbonetos por solventes vegetais e menos reativos.

### 5.3.2- Emissões Totais por Ano

Com base nos cálculos anteriores:

Métrica	ISA (g/botijão)	ISF (g/botijão)
VOC	6,11 g	6,11 g
MIR (ozônio potencial)	4,45 g	3,24 g

Multiplicando por **21.000.000 botijões/ano**:

Métrica	ISA (toneladas/ano)	ISF (toneladas/ano)
VOC	128,31 t	128,31 t
MIR	93,45 t de O <sub>3</sub>	68,04 t de O <sub>3</sub>

### 5.3.3- Regenerações do meio ambiente

Para que a Horos atenda a necessidade de consumo da Ultragaz são necessárias 60.000 árvores produtivas/ano, para obtenção de resina e solventes minerais. Uma árvore para se tornar produtiva necessita de 07 anos e é capaz de gerar em torno de 3 quilos de resina por ano.

Para manter esse plantio de 60.000 árvores/ano produtivas necessitamos de uma área de 180 hectares de florestas/ano, sendo que 1/3 está em produção, 1/3 está em crescimento e outros 1/3 estão em processo de corte e plantio.

A quantidade de Neutralização de CO<sub>2</sub> seria de 4428 toneladas /ano.

Para que a Horos atenda a necessidade de consumo da Ultragaz com solvente renovável (álcool) são necessários em média 12,5 kg de cana para produzir 1 litro de álcool anidro. O que equivale a um plantio de 70,5 hectares de plantio de cana de açúcar/ano.

A quantidade de Neutralização de CO<sub>2</sub> seria de 676 toneladas /ano.

### 5.3.4- Conclusão Ambiental:

1. O caminho que a parceria Ultragaz-Horos escolheu para a pintura dos vasilhames P-13, embora seja tecnologia que necessitam um controle forte de seus parâmetros de fabricação pela composição amigáveis dos

componentes que entram na formulação neutralizam a emissão Carbono na Atmosfera.

2. Nesta evolução contante a nova formulação ISF (Isenta de Solventes Fósseis) reduz em 27% a formação de  $O_3$ , que tanto contribui para o aquecimento terrestre.

