



---

Leon Rodrigues Hauck

# PLASTIMATRIX

- Redução de custos operacionais
- Geração positiva de caixa
- Reversão de prejuízo



---

# DEFINE

# 1. DEFINE - Cenário e motivação

---



A empresa Plastimatrix é uma planta química que produz ácido acético e acetato de metila, em um processo a partir de metilacetóxipropinato. Segundo relatos obtidos, o processo tem uma série de etapas, das quais uma etapa de refrigeração que é bastante problemática. Após implementada a fábrica, a direção percebeu que o seu corpo técnico não possuía conhecimento suficiente para fazer com que a fábrica funcionasse no azul.

**O objetivo deste projeto** é investigar o processo produtivo, identificar potenciais problemas operacionais e ajustar os parâmetros da fábrica de maneira que a mesma passe gerar caixa positivo, ou seja, operar no azul.

## 2. DEFINE - Processo / escopo do projeto, fronteiras e restrições.

---



- A investigação e análise será feita na área operacional da planta, no processo produtivo;
- A produção depende do volume de matéria prima em estoque e tem impacto direto no faturamento da empresa, visto que são produzidos dois produtos, sendo que um deles (acetato de metila) gera caixa em uma proporção significativamente maior que o outro (ácido acético)
- O comportamento do processo está mostrado no SIPOC a seguir.

Roteiro - DMAIC

## 2.1. DEFINE - SIPOC



S	I	P	O	C
Tanque estocagem de Metilacetoxipropinato  Linha de reciclo residual da coluna  Pré aquecedor	Metilacetoxipropinato  Vazão bomba 1  Vazão bomba 2  Temperatura de pré-aquecimento	Aumento de pressão, temperatura e vazão	Metilacetoxipropinato em alta pressão e vazão, pré aquecido	Linha de entrada do reator tubular com aquecimento elétrico
Linha de entrada do reator tubular com aquecimento elétrico	Metilacetoxipropinato  Temperatura de entrada  Vazão e pressão no reator	Aquecimento	Metilacetoxipropinato aquecido em alta pressão, temperatura e vazão	Linha de saída do reator para o trocador de calor
Linha de entrada do trocador de calor	Metilacetoxipropinato aquecido  Tipo, vazão e <b>pressão</b> do gás refrigerante	Resfriamento	Metilacetoxipropinato resfriado em alta pressão	Coluna de destilação
Linha de entrada da coluna de destilação	Metilacetoxipropinato resfriado em alta pressão	Destilação	Metilacetoxipropinato  Ácido Acético  Acetato de Metila	Tanque de estocagem de ácido e acetato  Linha de reciclo (aquecedor)

## 2.2 DEFINE - Fronteiras e restrições.

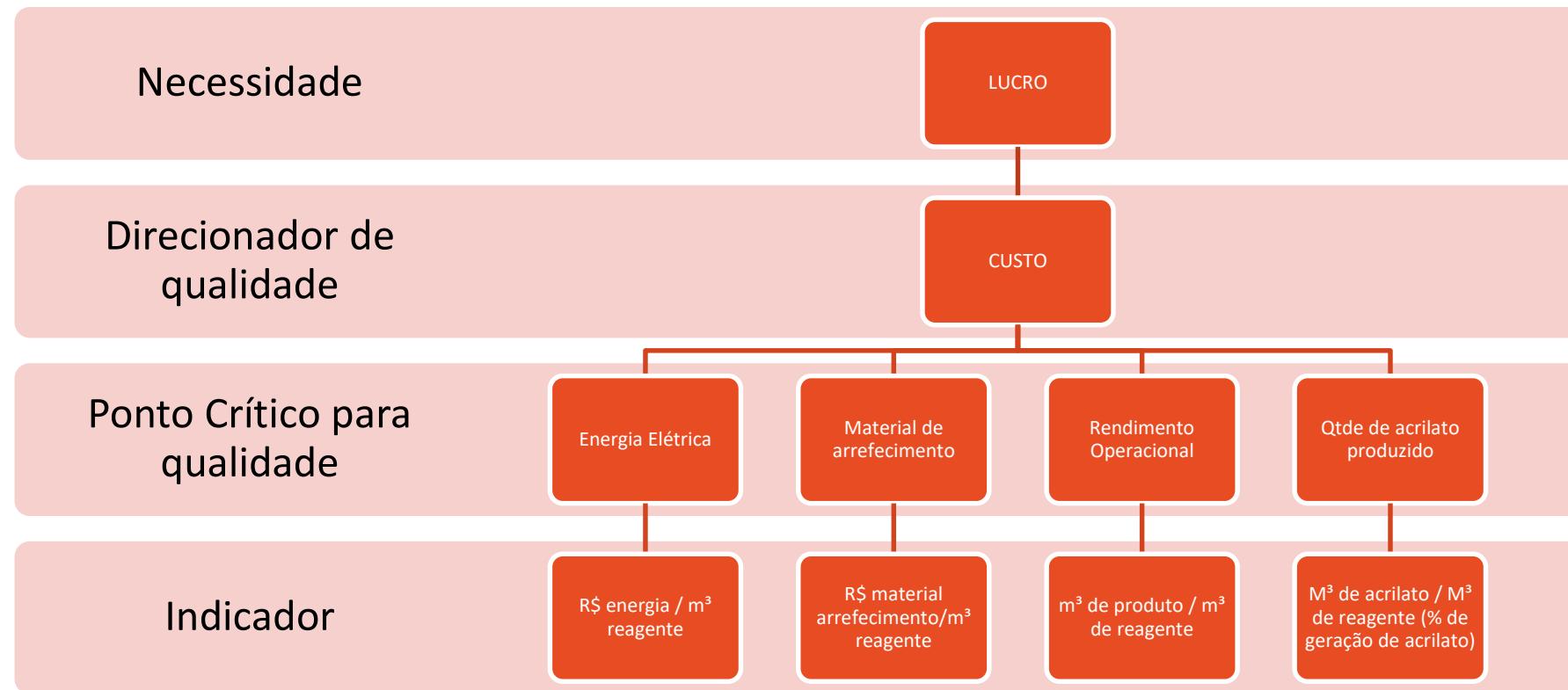
---



- A planta será “girada” 30 vezes para que a equipe de melhoria tenha dados operacionais suficientes para iniciar a análise;
- Nos 30 ciclos não serão alterados valores de parâmetros operacionais de qualquer equipamento, exceto o tipo de gás. A planta rodará 10 ciclos para cada tipo de gás;
- Considera-se que toda a produção é vendida;
- Considera-se que não há restrições para a aquisição de matéria prima;
- Não serão analisados custos operacionais de mão de obra (infere-se que os mesmos compõem o saldo financeiro final do processo);
- Não serão levadas em consideração eventuais substituições de equipamentos ou investimentos de melhoria em termos de maquinário;
- Considera-se que todos os requisitos legais de SSMA (Saude, Sergurança e Meio Ambiente estão atendidos);
- O saldo financeiro final será entendido como o resultado operacional a ser avaliado.

Roteiro - DMAIC

### 3. DEFINE – Árvore CTC



**Para a construção da árvore CTC, foram utilizados os dados do enunciado do projeto**

## 4. DEFINE – Métricas e Premissas

---



### MÉTRICAS:

#### Indicadores principais:

1. Saldo financeiro da empresa;
2. Volume de acetato de metila produzido;
3. Custo de refrigeração e energia elétrica

#### Indicadores secundários: não serão considerados

### PREMISSAS:

1. O processo fabril é considerado como um circuito fechado e não é impactado por eventos ou agentes externos;
2. Não há dados adicionais além dos informados no simulador;
3. Não há variações de mercado que influenciem a produção de maneira a impactar a meta.

## 4. DEFINE – Baseline do Y

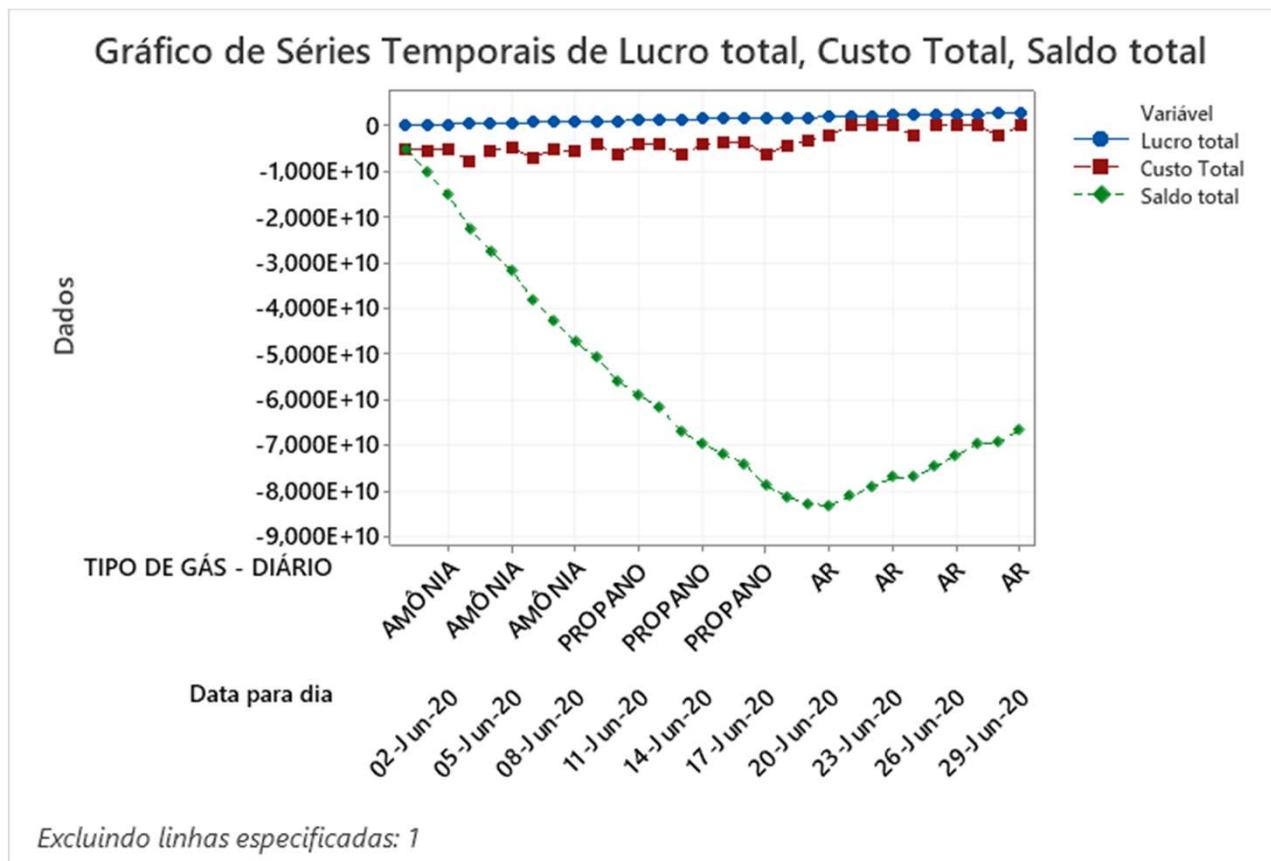


A planta inicialmente não apresentou qualquer dado para análise, de forma que a equipe de Melhoria necessitou criar um baseline constituído por 30 giros da planta, sendo 10 com cada tipo de gás disponível (propano, amônia e ar comprimido). Assim sendo, foram montados os seguintes parâmetros:

TESTE	Vazão de entrada do processo - Oa 29m <sup>3</sup> /h	Medidor de vazão de entrada	Temperatura de entrada do reator	Tipo de medidor de temperatura	Vazão de reciclo na coluna	Gás refrigerante usado	OBSERVAÇÃO
1	20,38	Placa de orifício	263	TERMOSTATO	4,32	AMÔNIA	Todos os parâmetros originais
2		Placa de orifício		TERMOSTATO		AMÔNIA	Todos os parâmetros originais
3		Placa de orifício		TERMOSTATO		AMÔNIA	Todos os parâmetros originais
4		Placa de orifício		TERMOSTATO		AMÔNIA	Todos os parâmetros originais
5		Placa de orifício		TERMOSTATO		AMÔNIA	Todos os parâmetros originais
6		Placa de orifício		TERMOSTATO		AMÔNIA	Todos os parâmetros originais
7		Placa de orifício		TERMOSTATO		AMÔNIA	Todos os parâmetros originais
8		Placa de orifício		TERMOSTATO		AMÔNIA	Todos os parâmetros originais
9		Placa de orifício		TERMOSTATO		AMÔNIA	Todos os parâmetros originais
10		Placa de orifício		TERMOSTATO		AMÔNIA	Todos os parâmetros originais
11		Placa de orifício		TERMOSTATO		PROPANO	Alteração no tipo de gás
12		Placa de orifício		TERMOSTATO		PROPANO	Alteração no tipo de gás
13		Placa de orifício		TERMOSTATO		PROPANO	Alteração no tipo de gás
14		Placa de orifício		TERMOSTATO		PROPANO	Alteração no tipo de gás
15		Placa de orifício		TERMOSTATO		PROPANO	Alteração no tipo de gás
16		Placa de orifício		TERMOSTATO		PROPANO	Alteração no tipo de gás
17		Placa de orifício		TERMOSTATO		PROPANO	Alteração no tipo de gás
18		Placa de orifício		TERMOSTATO		PROPANO	Alteração no tipo de gás
19		Placa de orifício		TERMOSTATO		PROPANO	Alteração no tipo de gás
20		Placa de orifício		TERMOSTATO		PROPANO	Alteração no tipo de gás
21		Placa de orifício		TERMOSTATO		AR	Alteração no tipo de gás
22		Placa de orifício		TERMOSTATO		AR	Alteração no tipo de gás
23		Placa de orifício		TERMOSTATO		AR	Alteração no tipo de gás
24		Placa de orifício		TERMOSTATO		AR	Alteração no tipo de gás
25		Placa de orifício		TERMOSTATO		AR	Alteração no tipo de gás
26		Placa de orifício		TERMOSTATO		AR	Alteração no tipo de gás
27		Placa de orifício		TERMOSTATO		AR	Alteração no tipo de gás
28		Placa de orifício		TERMOSTATO		AR	Alteração no tipo de gás
29		Placa de orifício		TERMOSTATO		AR	Alteração no tipo de gás
30		Placa de orifício		TERMOSTATO		AR	Alteração no tipo de gás

## 4. DEFINE – Baseline do Y

Após os 30 giros, obteve-se o seguinte resultado de Saldo financeiro, fruto dos resultados operacionais da planta:

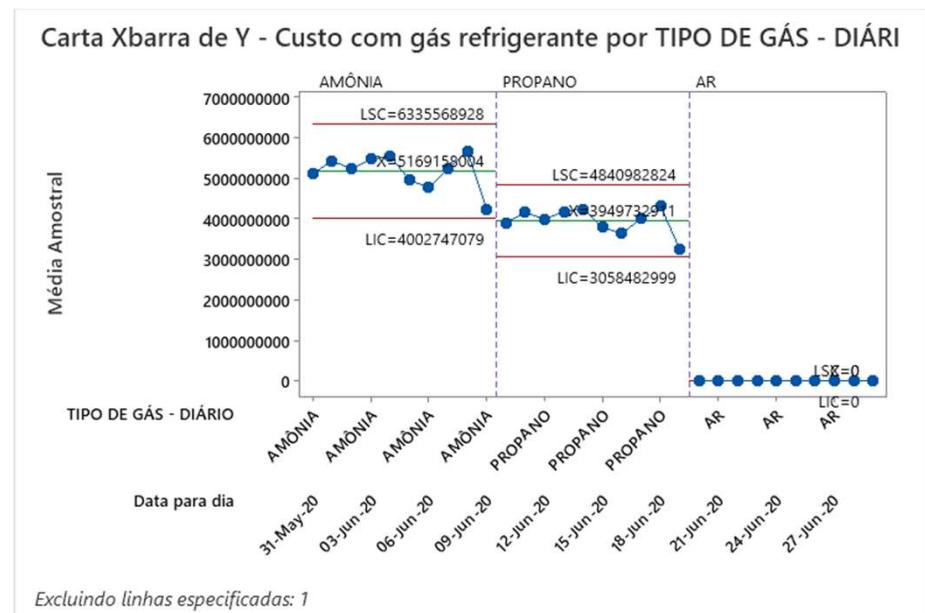
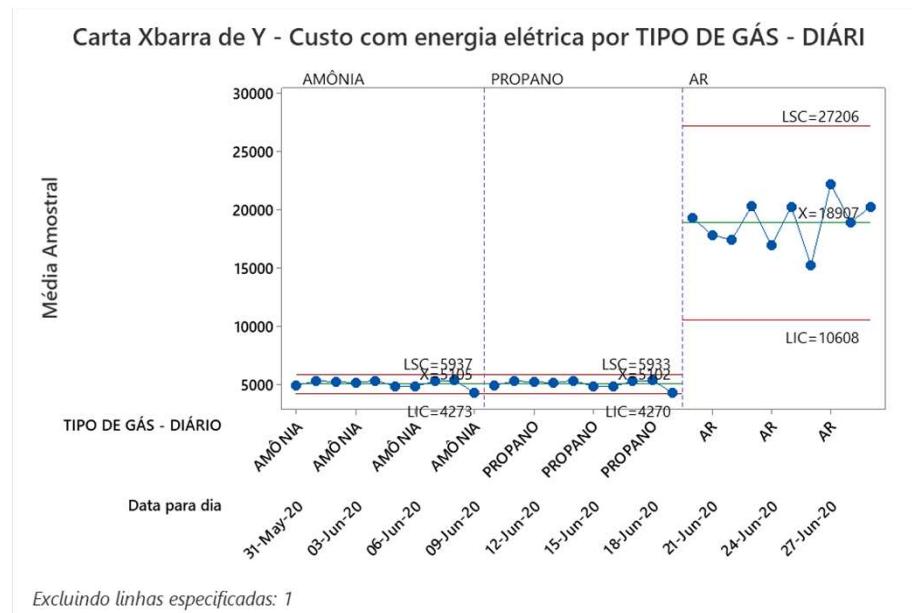


## 4.1. DEFINE – Estratificação dos custos



Os custos foram segmentados da seguinte forma:

1. Custo de energia elétrica (já estratificado por gás refrigerante);
2. Custo de gás refrigerante;



## 5. DEFINE – Objetivo e retorno esperado

---



Objetivo: confirmar o ponto de reversão de prejuízo para lucro e início de geração de caixa positivo para a empresa.

Retorno esperado: empresa operando no azul em até 30 dias após a implementação d

## 6. DEFINE – Contrato de melhoria

---



### CONTRATO

O que queremos realizar?

Aumentar a margem da empresa a ponto de gerar caixa positivo,

Reducir custos operacionais;

Buscar ponto ótimo de produtividade.

Como saberemos que a mudança é uma melhoria?

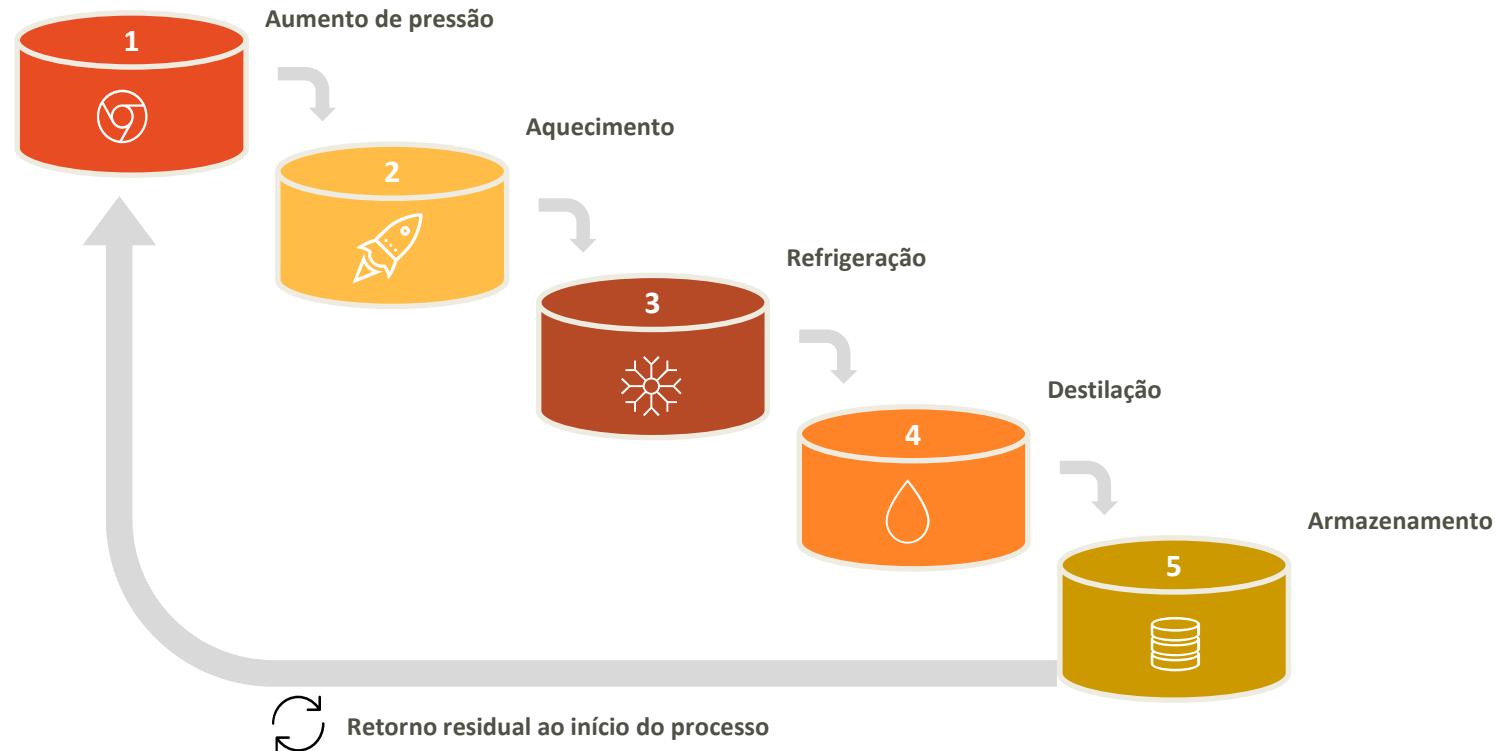
Avaliando a curva de saldo financeiro, buscando um ponto de inflexão para a curva crescente de saldo negativo.



---

# MEASURE

# 1. MEASURE – Mapeamento de processo e Quick win



Em função de o processo não possuir dados anteriores, foram estabelecidos como “padrão” os dados dos 30 giros iniciais da planta. A partir desses dados, os dados complementares foram coletados conforme estruturação adiante.

# 1. MEASURE – Mapeamento de processo e Quick win

---



Quick Win:

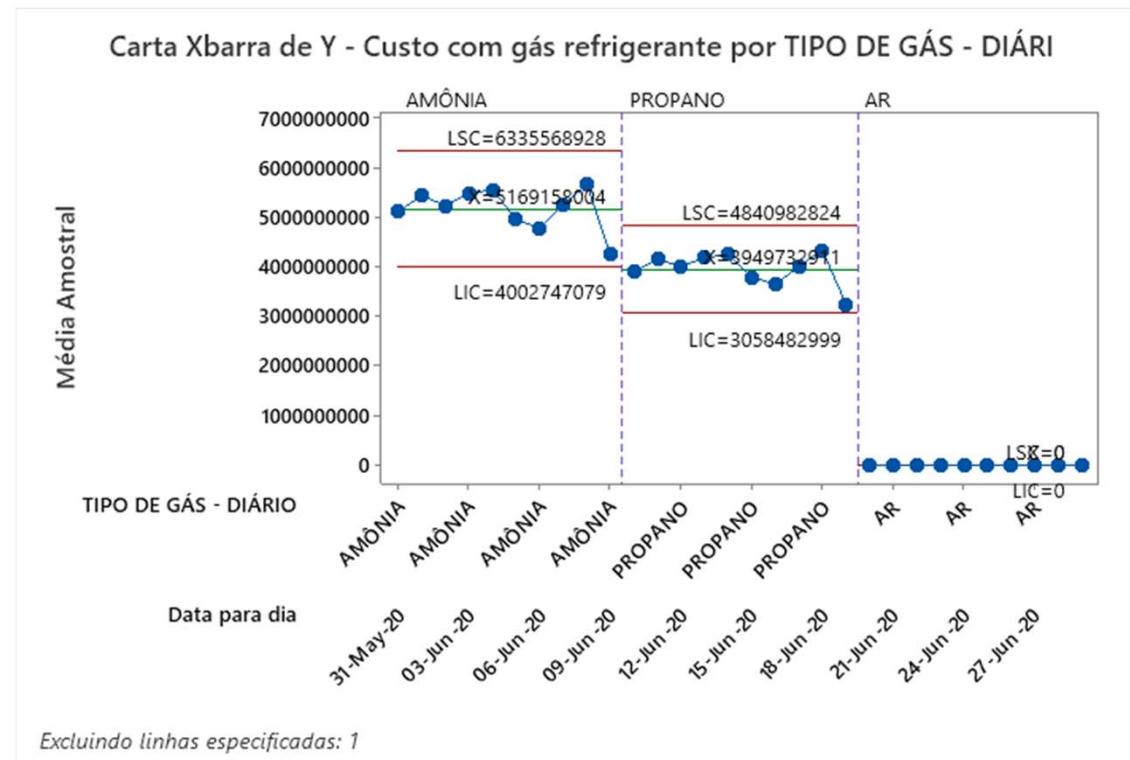
Em função da necessidade urgente de se gerar caixa positivo para a empresa e já ter sido observado que apenas com a utilização de ar comprimido a curva de saldo financeiro reverte para o campo positivo, será considerado o uso exclusivo de ar comprimido para a operação da planta. Caso seja necessário, novos dados podem ser gerados com este gás para checagem da estabilidade dos resultados operacionais e busca por otimizações.

## 2. MEASURE – Coleta de dados



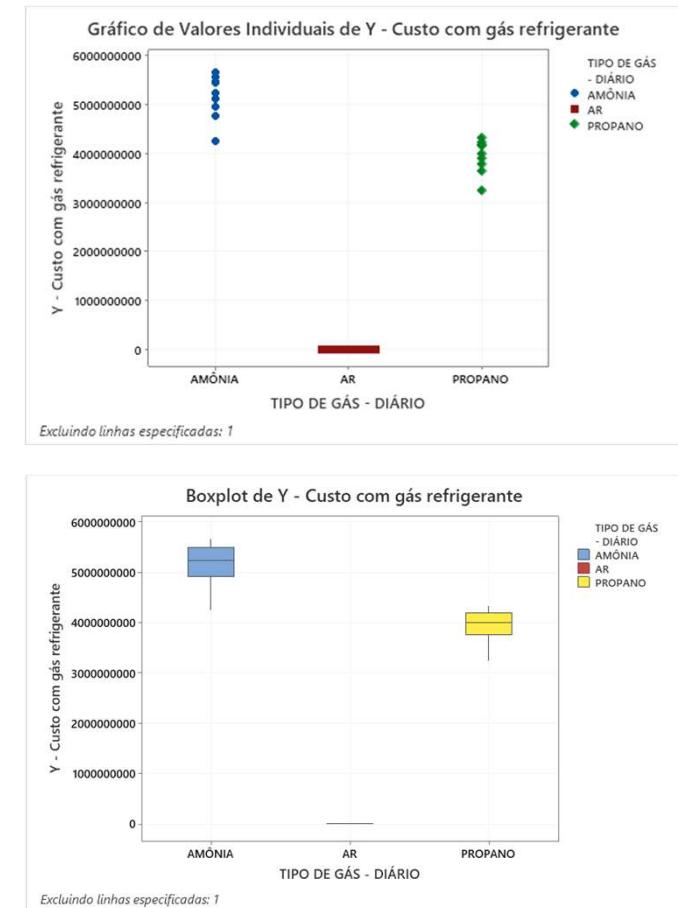
ITEM	ITEM A SER ANALISADO	ETAPA DO PROCESSO	IMPACTA NO PROCESSO (X)	É IMPACTADO PELO PROCESSO (Y)	ANÁLISE DE CORRELAÇÃO	QUAL A FONTE DE DADOS
1	Custo de energia	Integral		✓	Avaliar se há correlação com outros Y / Tendência	Coleta de dados a partir de simulação 20 dias
2	Custo de refrigerante	Integral		✓	Avaliar se há correlação com outros Y / Tendência	Coleta de dados a partir de simulação 20 dias
3	Reagente desperdiçado	Integral		✓	Avaliar se há correlação com outros Y / Tendência	Coleta de dados a partir de simulação 20 dias
4	Vazão de refrigerante (m³/h)	Refrigeração	✓		Avaliar se impacta itens Y, bem como outros X / Tendência	Coleta de dados a partir de simulação 20 dias
5	Vazão na bomba 1 (m³/h)	Pressurização	✓		Avaliar se impacta itens Y, bem como outros X / Tendência	Coleta de dados a partir de simulação 20 dias
6	Vazão no reator (m³/h)	Aquecimento	✓		Avaliar se impacta itens Y, bem como outros X / Tendência	Coleta de dados a partir de simulação 20 dias
7	Temperatura no reator (°C)	Aquecimento	✓		Avaliar se impacta itens Y, bem como outros X / Tendência	Coleta de dados a partir de simulação 20 dias
8	Vazão na entrada da coluna (m³/h)	Destilação	✓		Avaliar se impacta itens Y, bem como outros X / Tendência	Coleta de dados a partir de simulação 20 dias
9	Vazão reciclada na coluna (m³/h)	Destilação	✓		Avaliar se impacta itens Y, bem como outros X / Tendência	Coleta de dados a partir de simulação 20 dias
10	% Acrílate produzido	Armazenagem		✓	Avaliar se há correlação com outros Y / Tendência	Coleta de dados a partir de simulação 20 dias
11	Tipo de refrigerante	Refrigeração	✓		Avaliar impacto no custo do refrigerante	Coleta de dados a partir de simulação 20 dias

### 3. MEASURE – Baseline dos Y – Custo por gás refrigerante - Diário

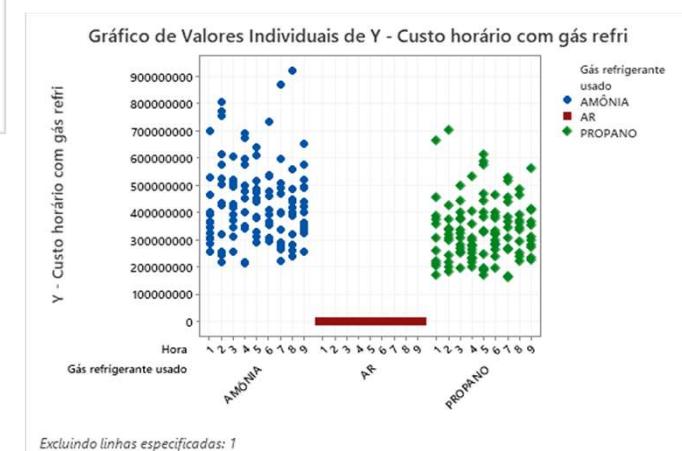
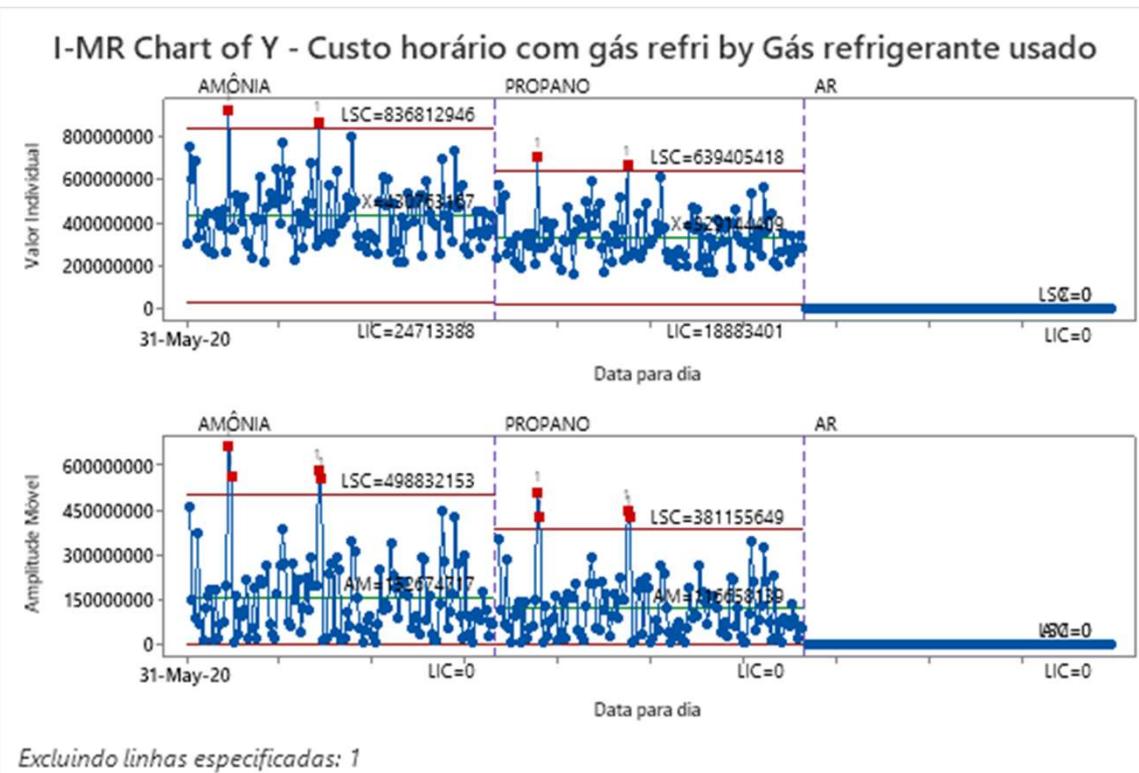


Custo zero com ar comprimido.

Quando se compara o custo dos demais gases, o propano é levemente mais barato que a amônia, no entanto, se avaliarmos o gráfico de boxplot, estatisticamente os preços de ambos estão na mesma faixa (podemos dizer que não há diferença substancial).



### 3. MEASURE – Baseline dos Y – Custo por gás refrigerante - Horário



### 3. MEASURE – Baseline dos Y – Custo por energia elétrica - Diário



Carta Xbarra de Y - Custo com energia elétrica por TIPO DE GÁS - DIÁRIO

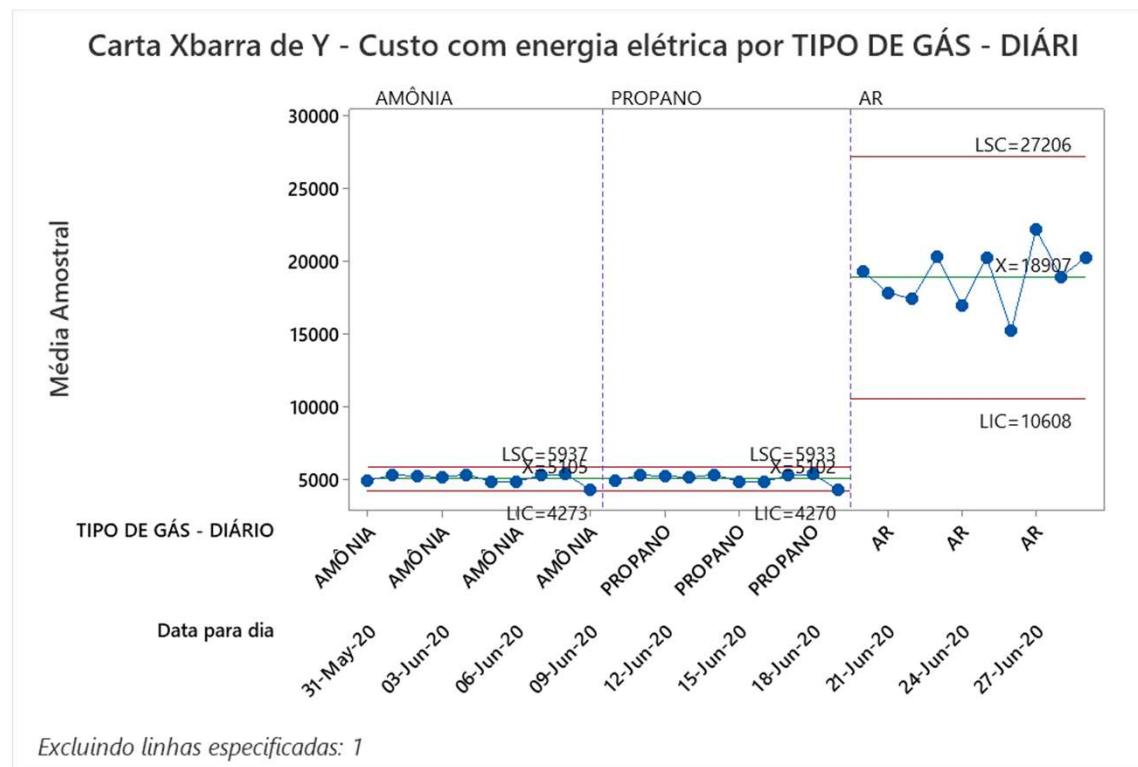


Gráfico de Valores Individuais de Y - Custo com energia elétrica

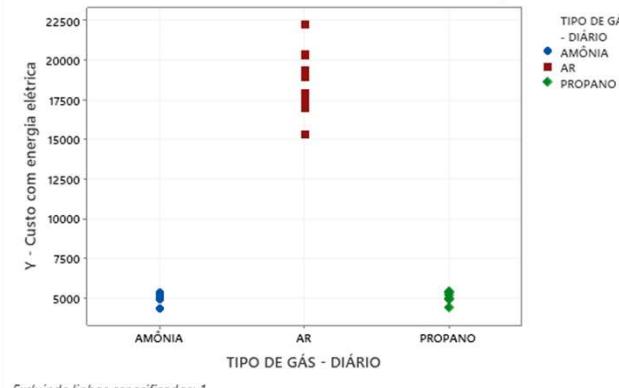
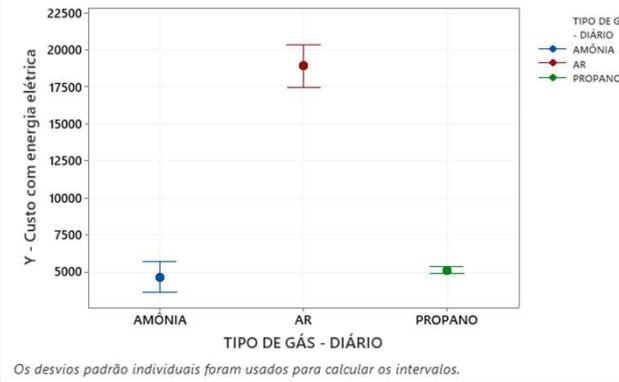
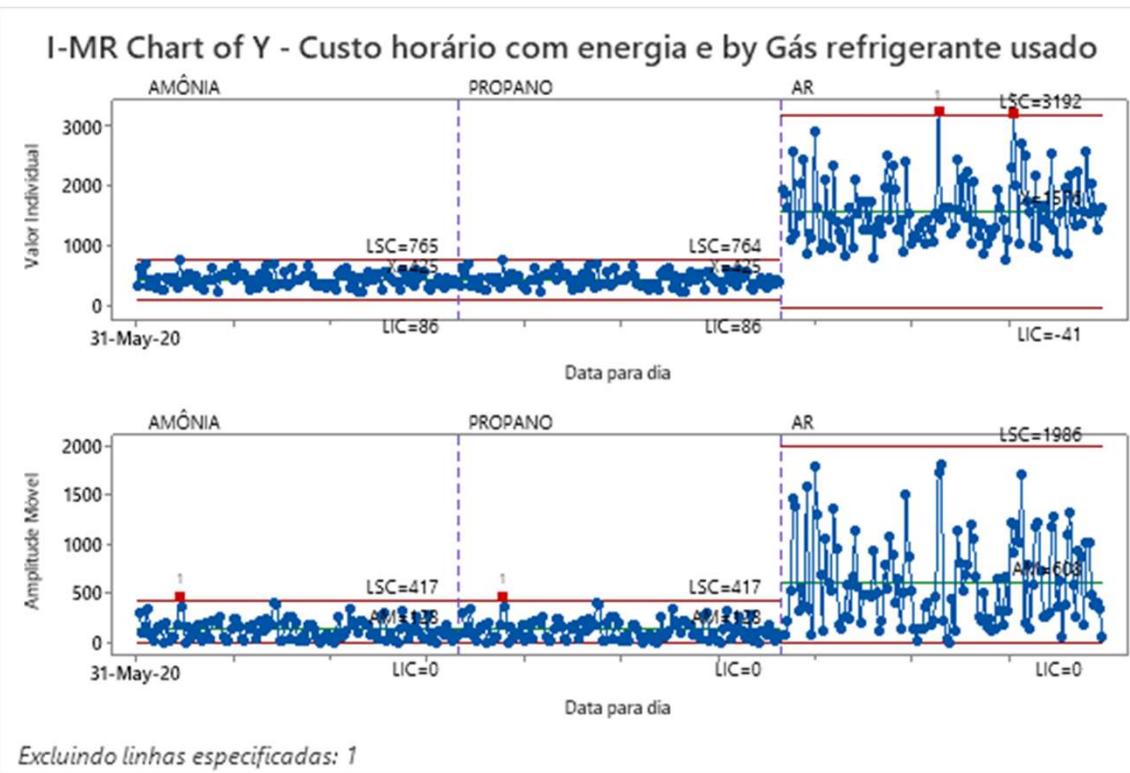


Gráfico de Intervalos de Y - Custo com energia elétrica  
IC de 95% para a Média

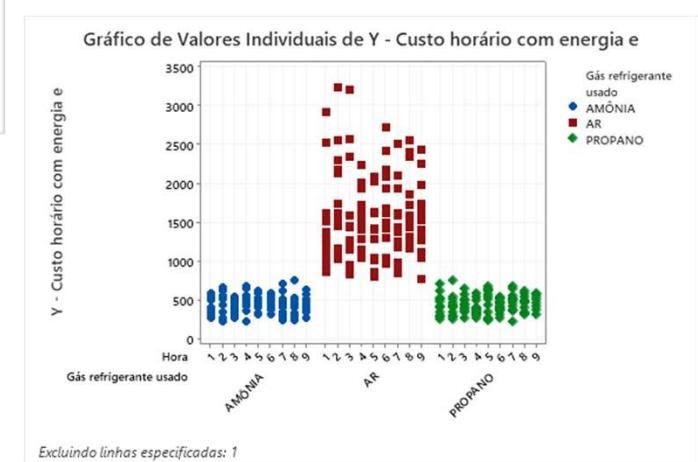


O custo de energia elétrica com o ar comprimido é visivelmente maior.

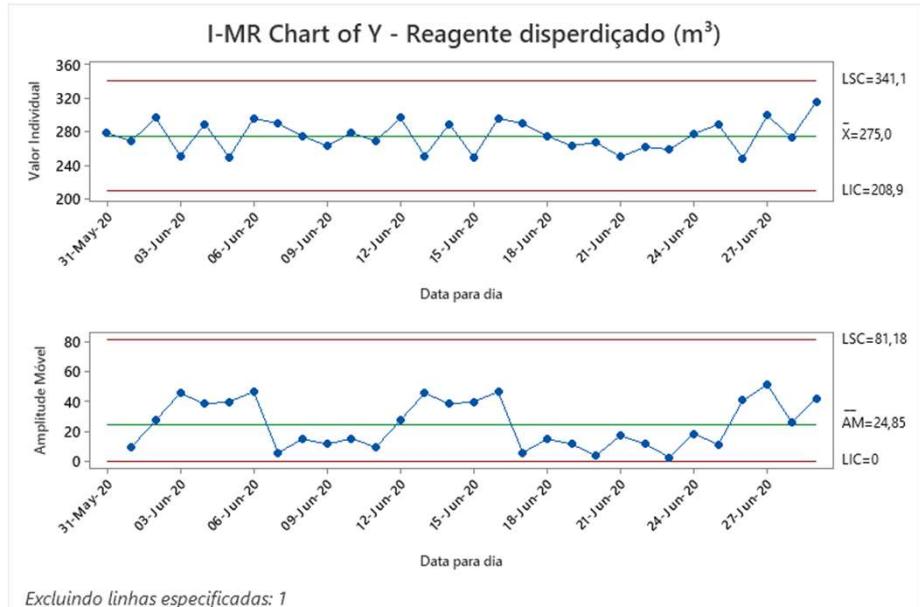
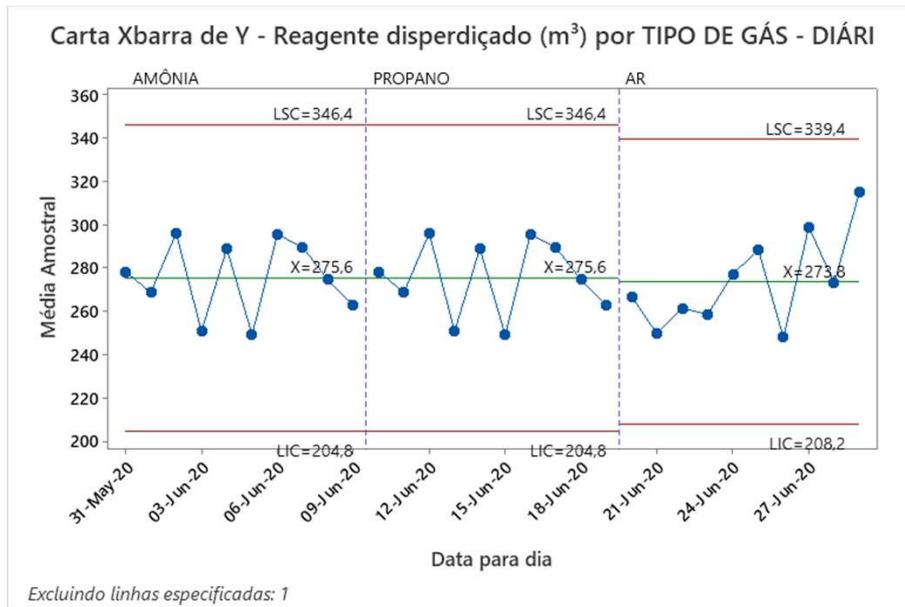
### 3. MEASURE – Baseline dos Y – Custo por energia elétrica - Horário



O custo de energia elétrica com o ar comprimido é visivelmente maior.

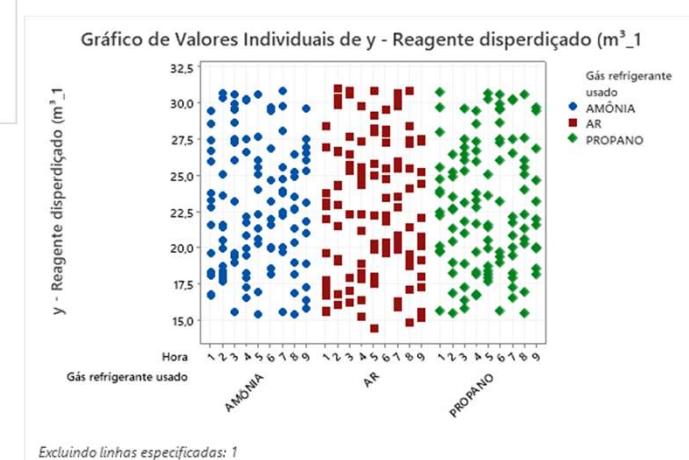
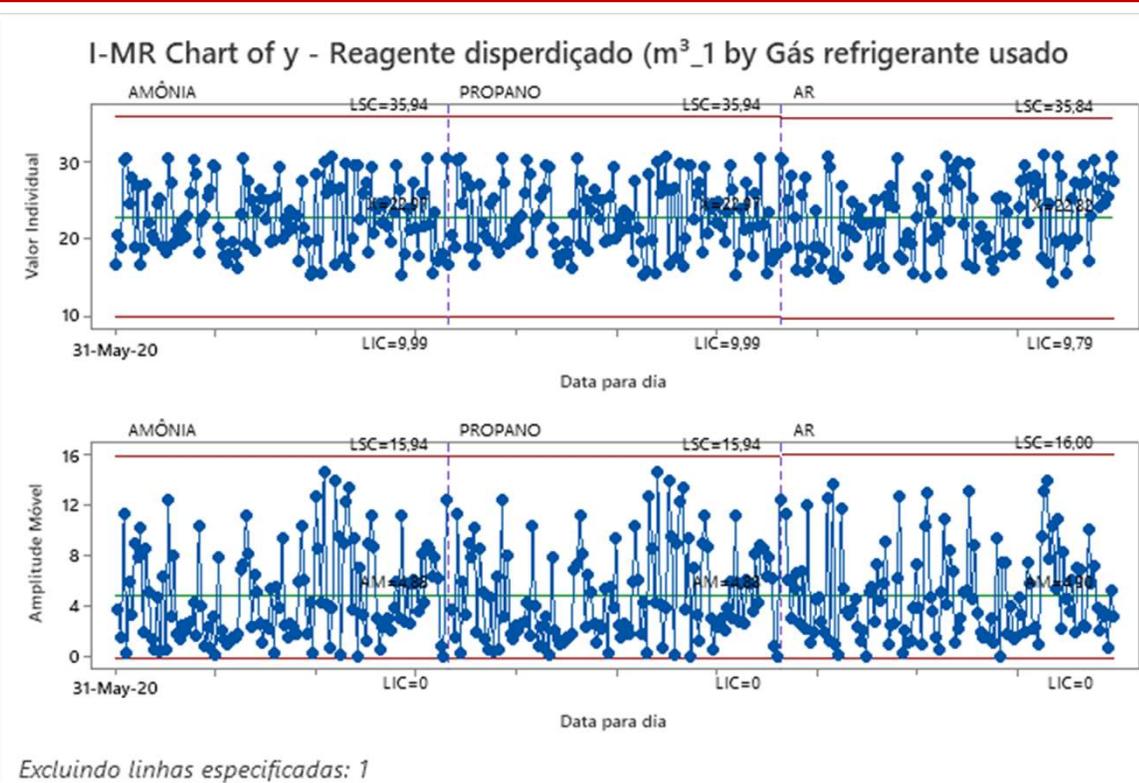


### 3. MEASURE – Baseline dos Y – Reagente desperdiçado - Diário



A quantidade de reagente desperdiçado apresenta-se estável.

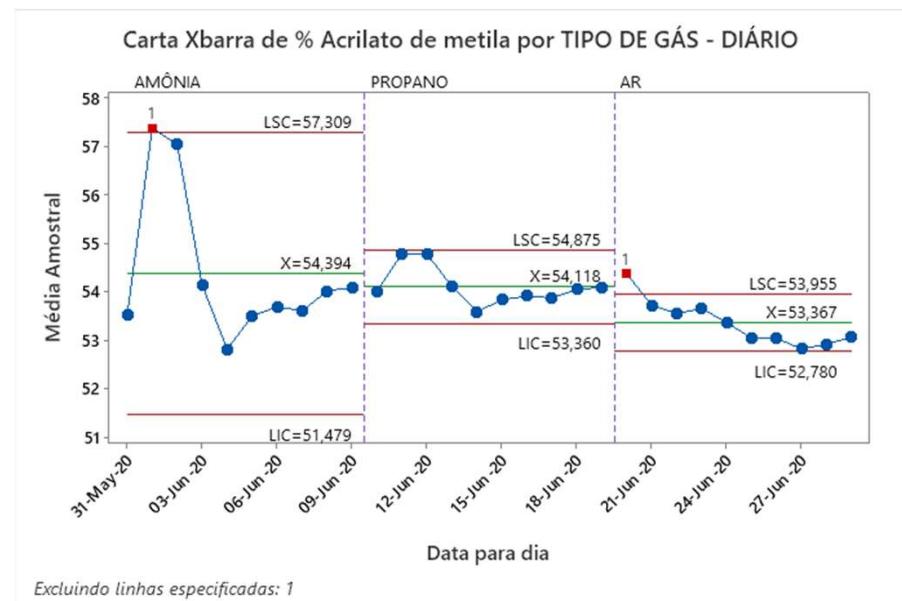
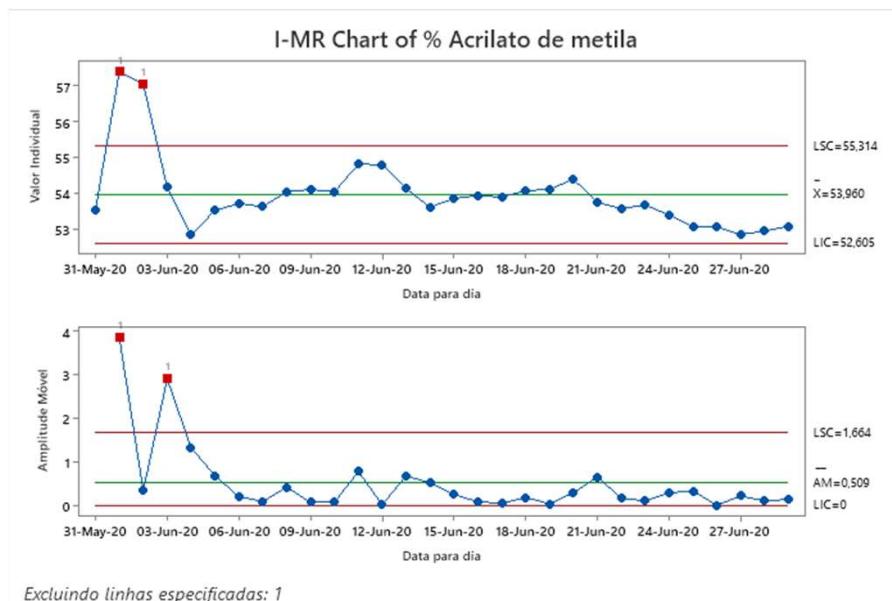
### 3. MEASURE – Baseline dos Y – Reagente desperdiçado - Horário



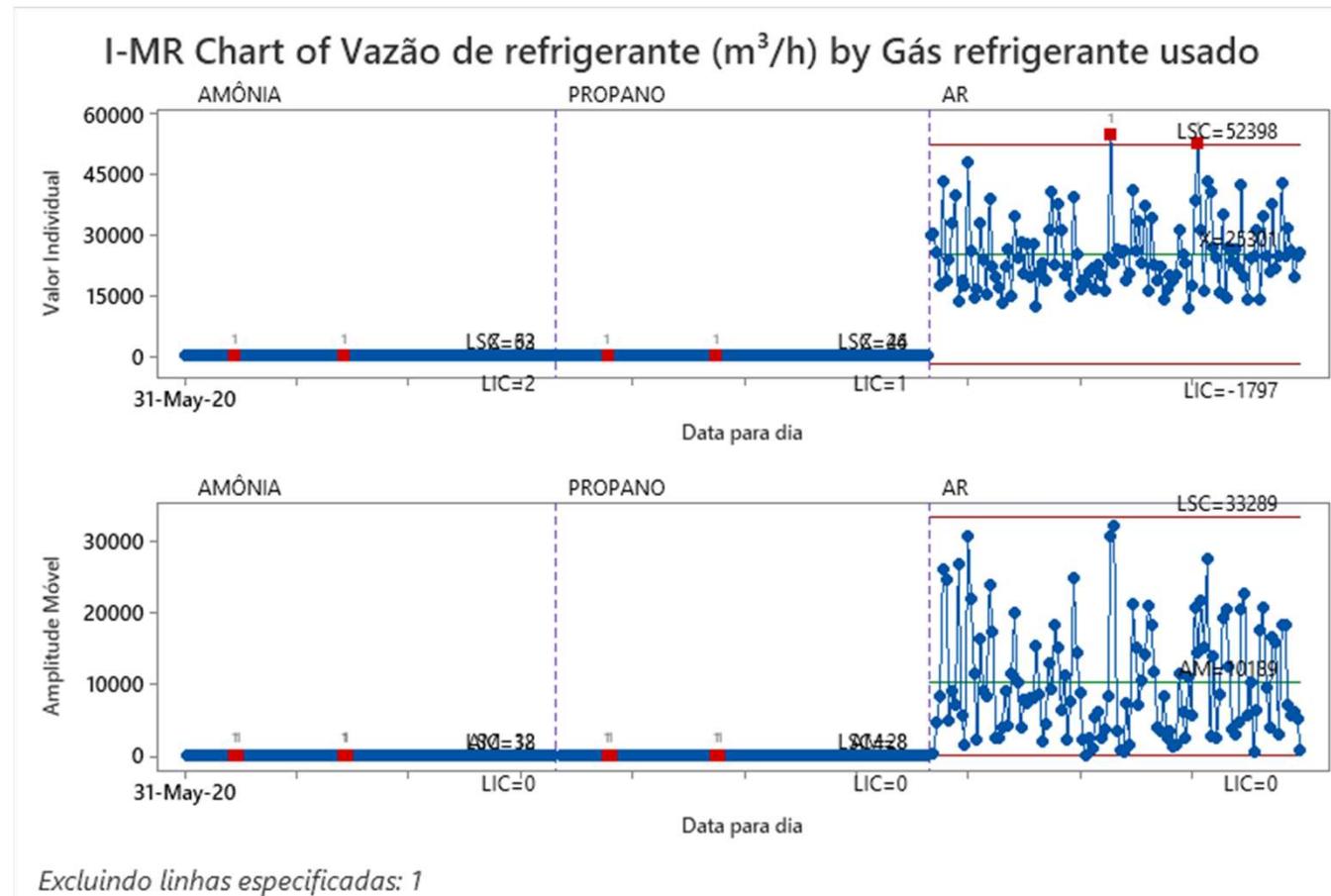
### 3. MEASURE – Baseline dos Y – % de Acrilato de metila - Diário



Importante avaliar que o % de acrilato de metila produzido durante os 30 giros da planta não apresentou variação significativa ou tendência definida, mesmo com a variação dos gases refrigerantes. Os “outliers” para os dois primeiros dias serão desconsiderados, justificados por adequação inicial da planta em relação ao processo produtivo.

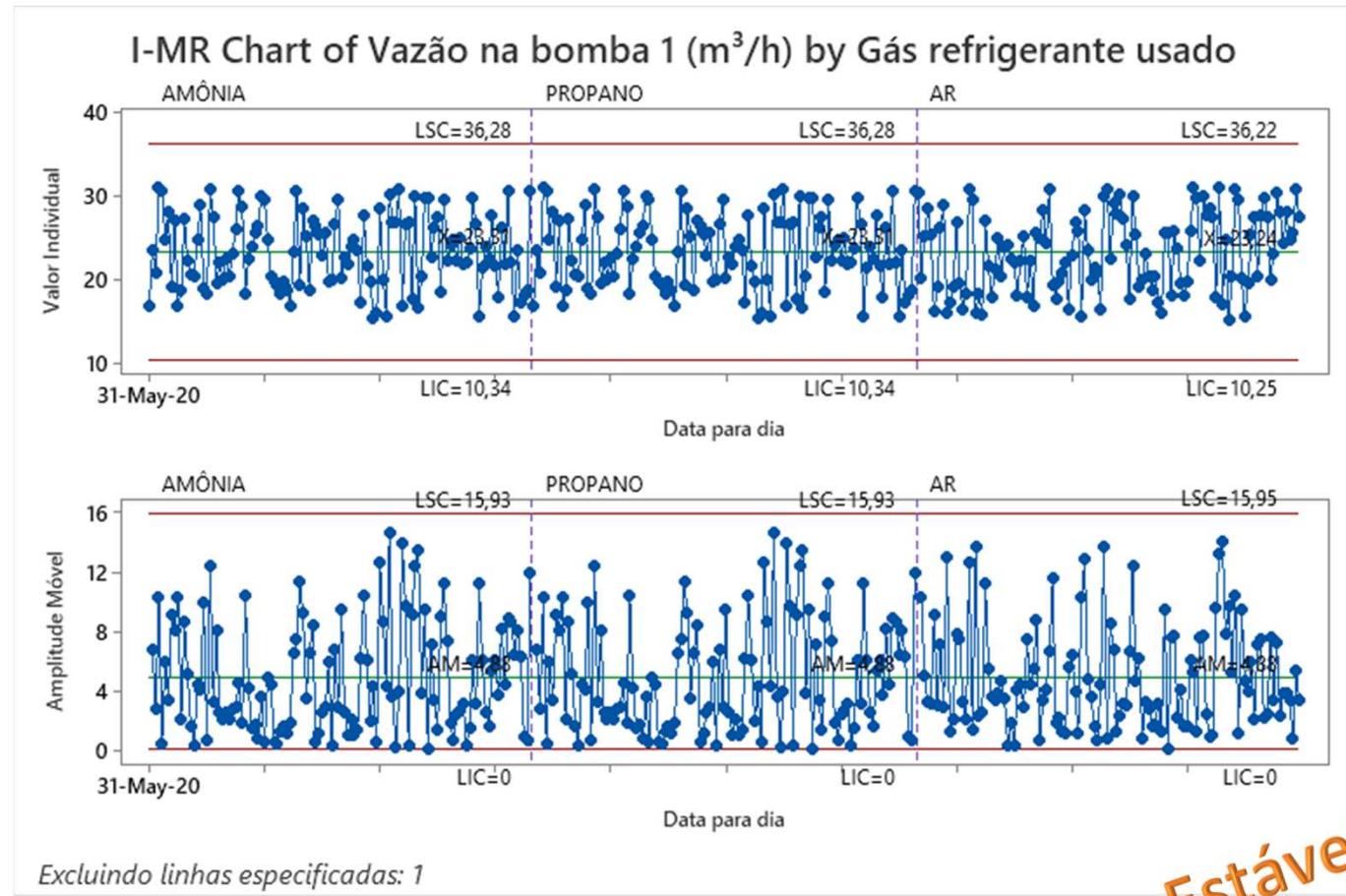


## 4. MEASURE – Baseline dos X – Vazão de gás refrigerante



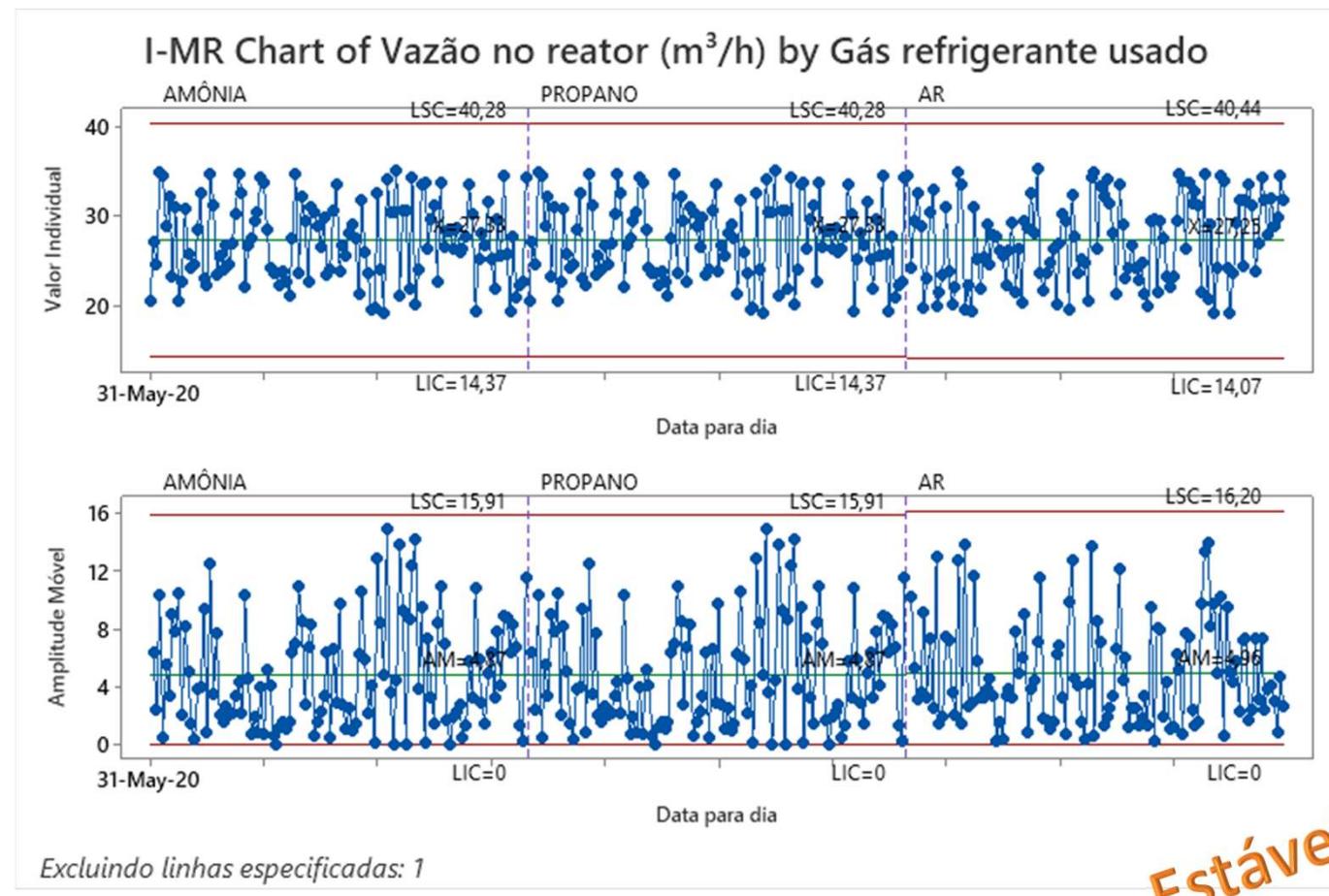
Este dado de vazão de gás refrigerante não será questionado para o caso de ar comprimido, apesar de o volume ser significativamente maior.

## 4. MEASURE – Baseline dos X – Vazão na bomba 1

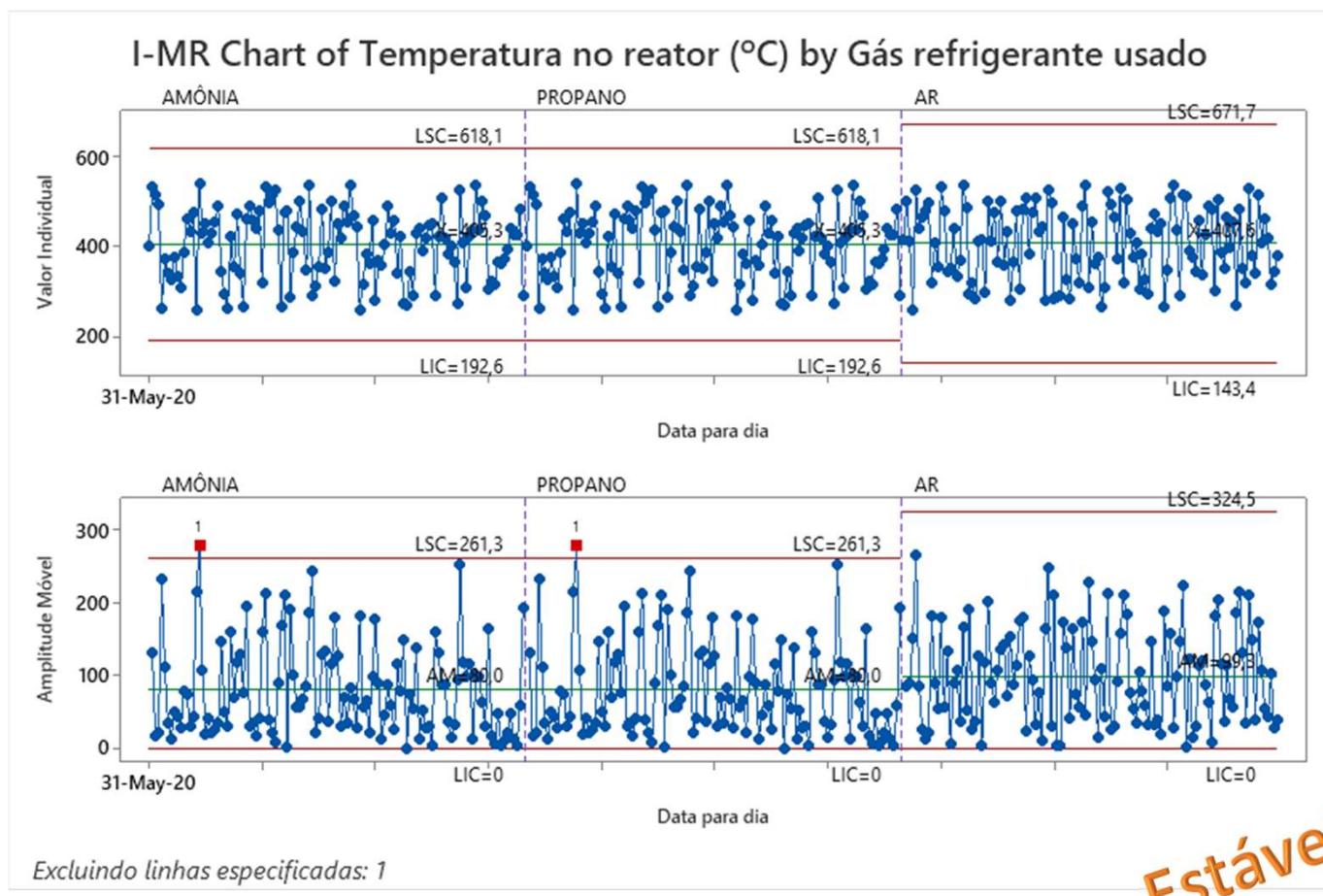


Estável

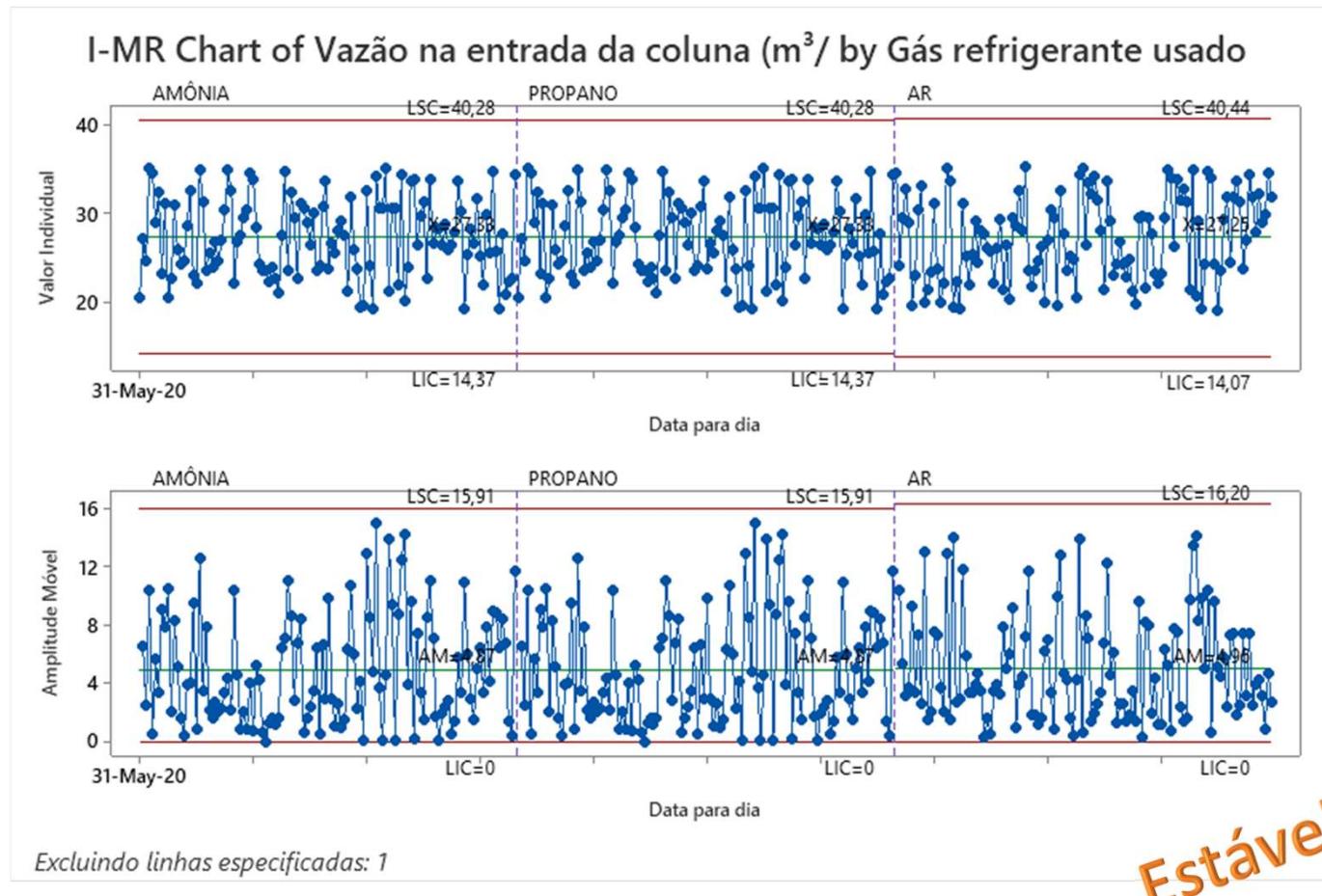
## 4. MEASURE – Baseline dos X – Vazão no reator



## 4. MEASURE – Baseline dos X – Temperatura no reator



## 4. MEASURE – Baseline dos X – Vazão na entrada da coluna



## 5. MEASURE – Resumo dos aprendizados

---



A planta, por não possuir histórico produtivo, gerou dados que sugerem a necessidade de mais testes futuros para estabilização dos resultados.

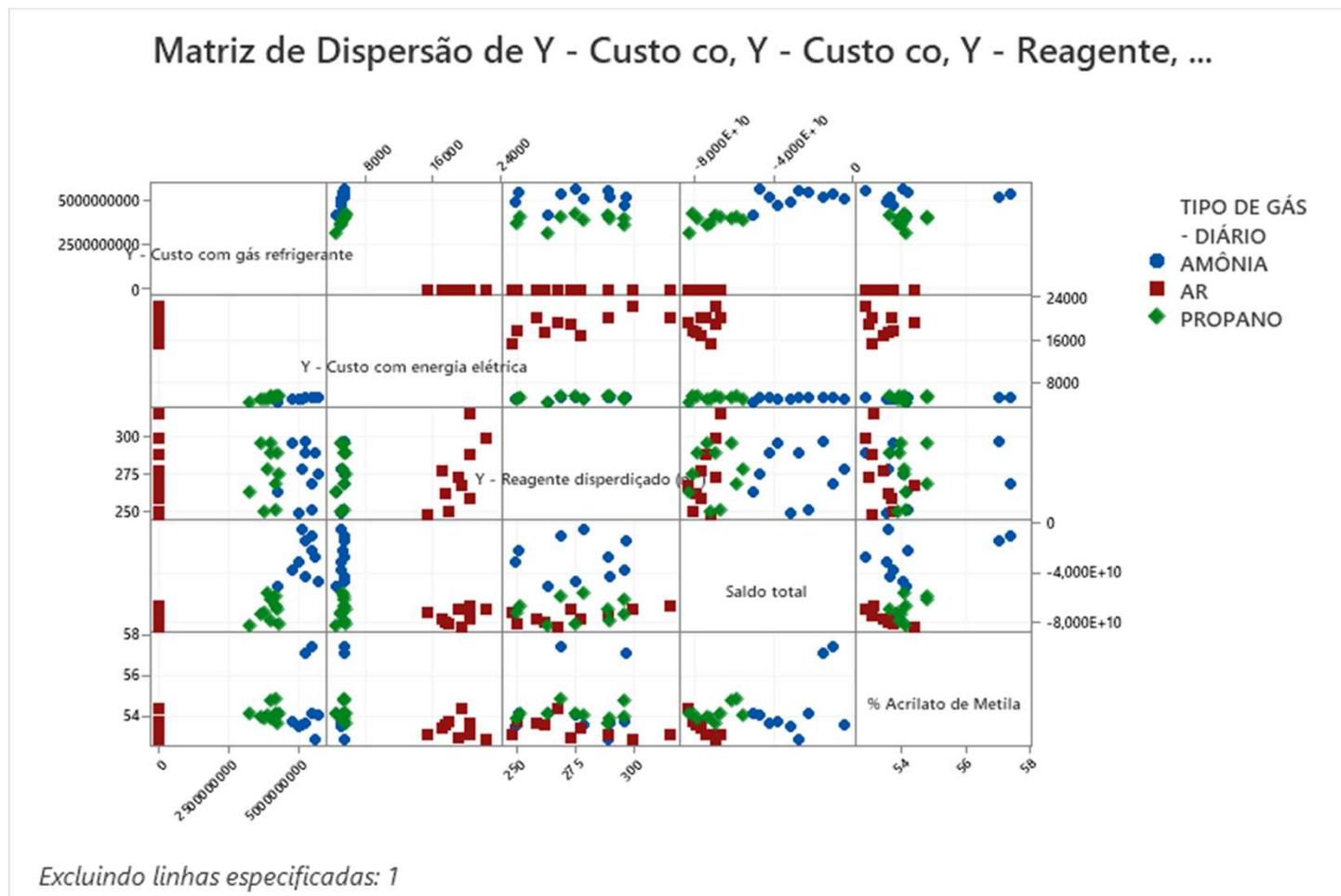
A maioria das variáveis X são estáveis, exceto a vazão de refrigerante, que apresentou um incremento expressivo quando o gás aplicado no processo foi o ar comprimido (acredita-se que seja em função de acionamento contínuo de compressor, por ser um gás disponível na atmosfera e não passível de estocagem ou restrições de uso).



---

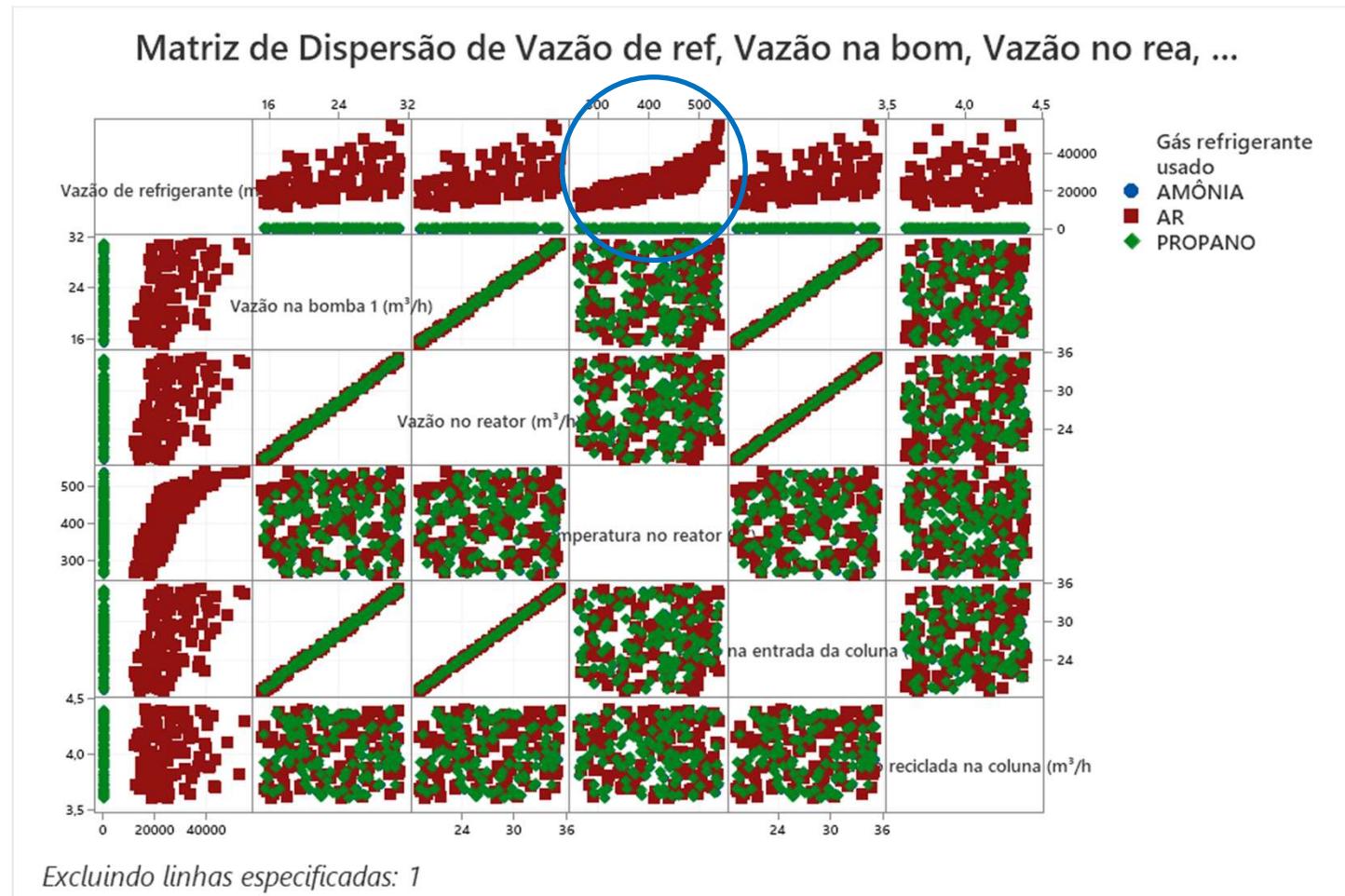
# ANALYSE

# 1. ANALYSE – Relação entre os Y's



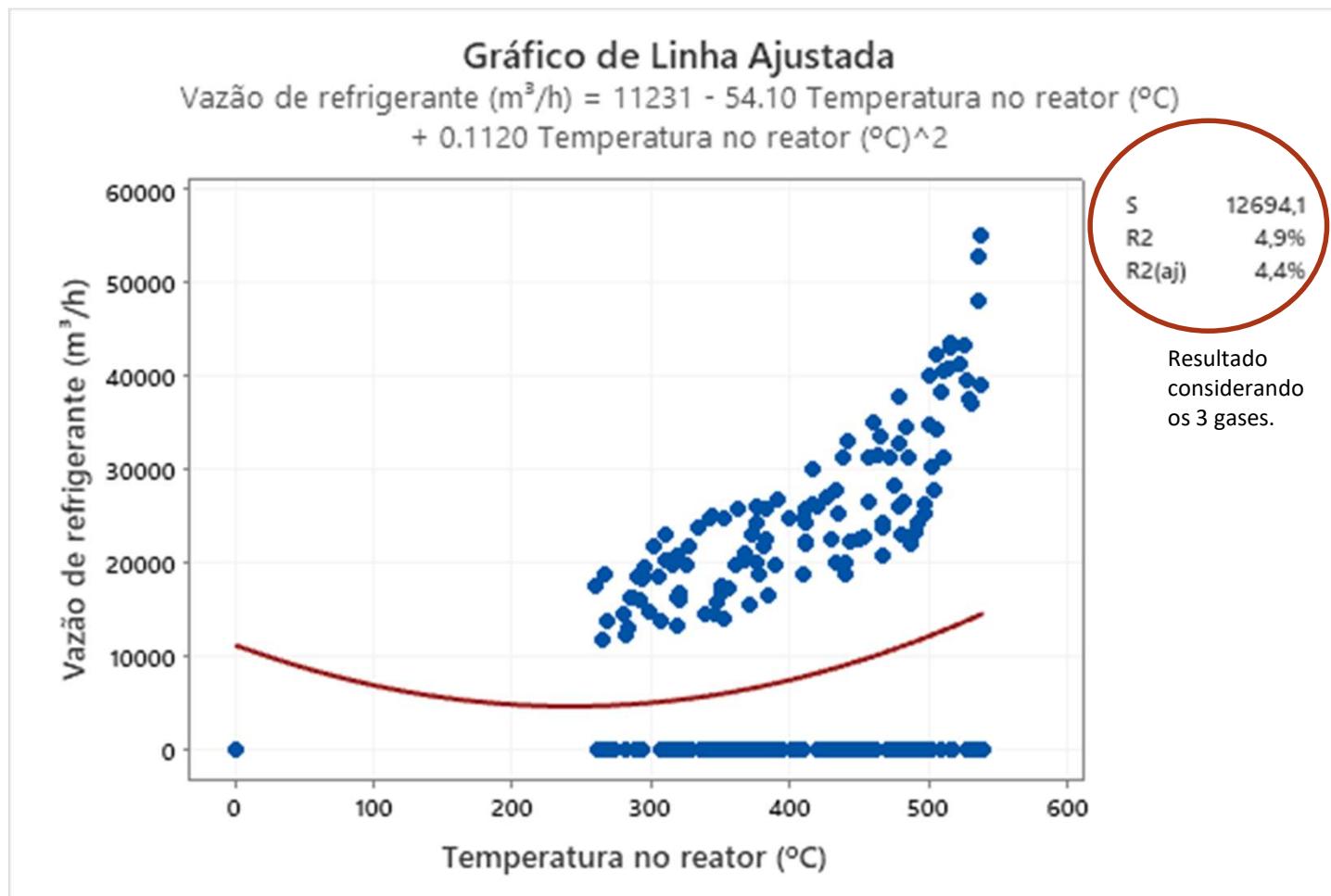
Esta matriz não permite chegar a conclusões de qualquer ordem, mesmo analisando por tipo de gás utilizado.

## 2. ANALYSE – Relação entre os X's



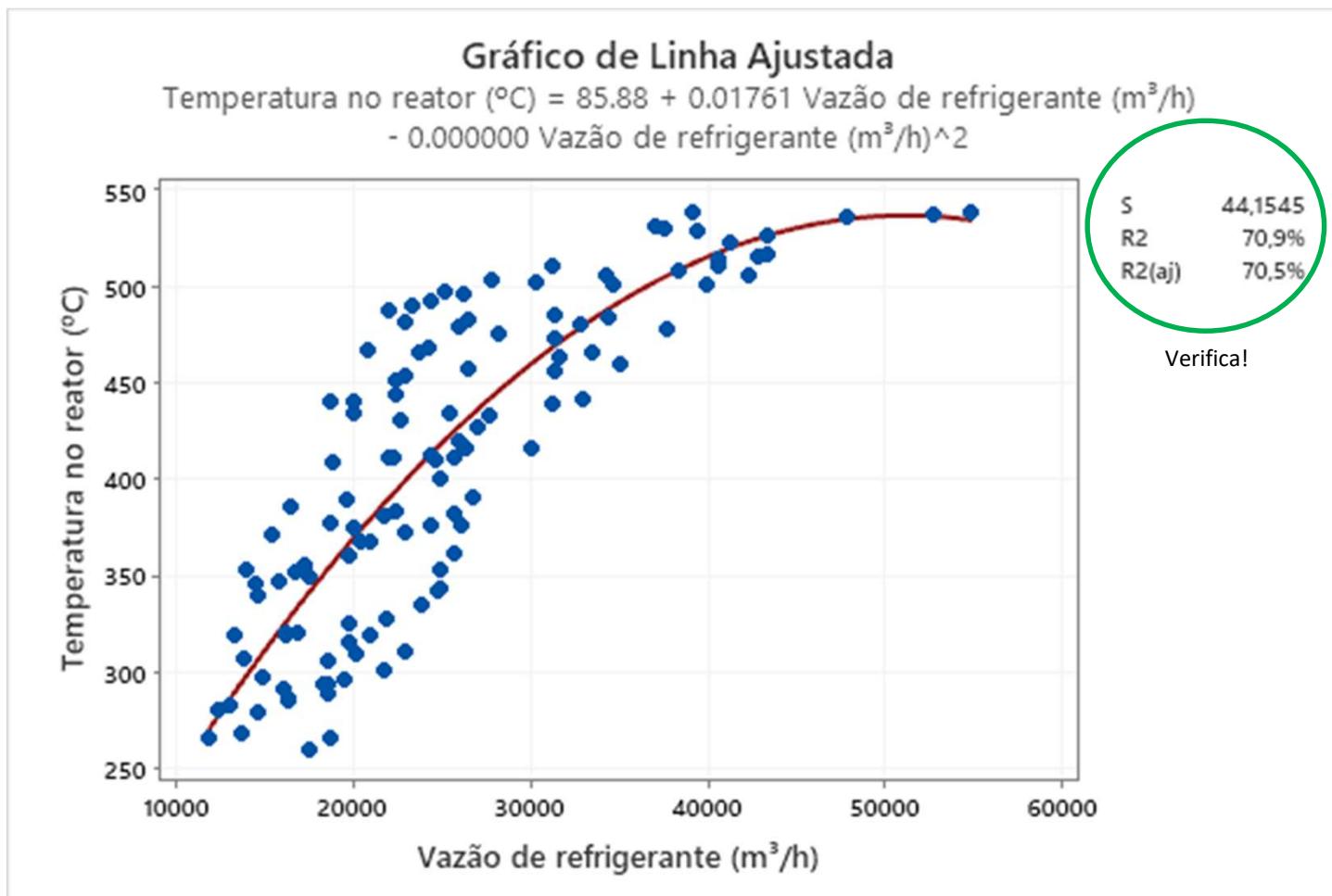
Inicialmente foi elaborada a matriz entre os Xs do processo considerando os 3 gases. No entanto, quando buscamos avaliar as correlações entre as variáveis, a distinção de resultados para cada tipo de gás afeta a análise de forma prejudicial.

## 2. ANALYSE – Relação entre os X's



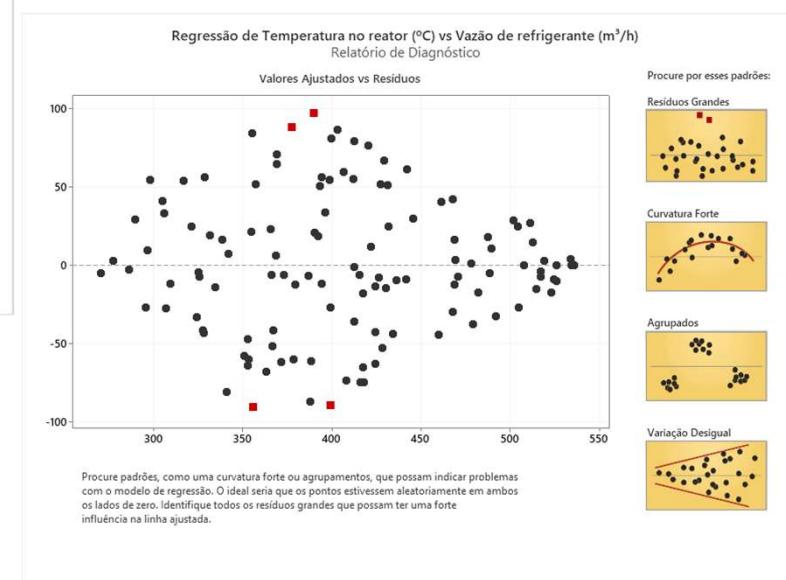
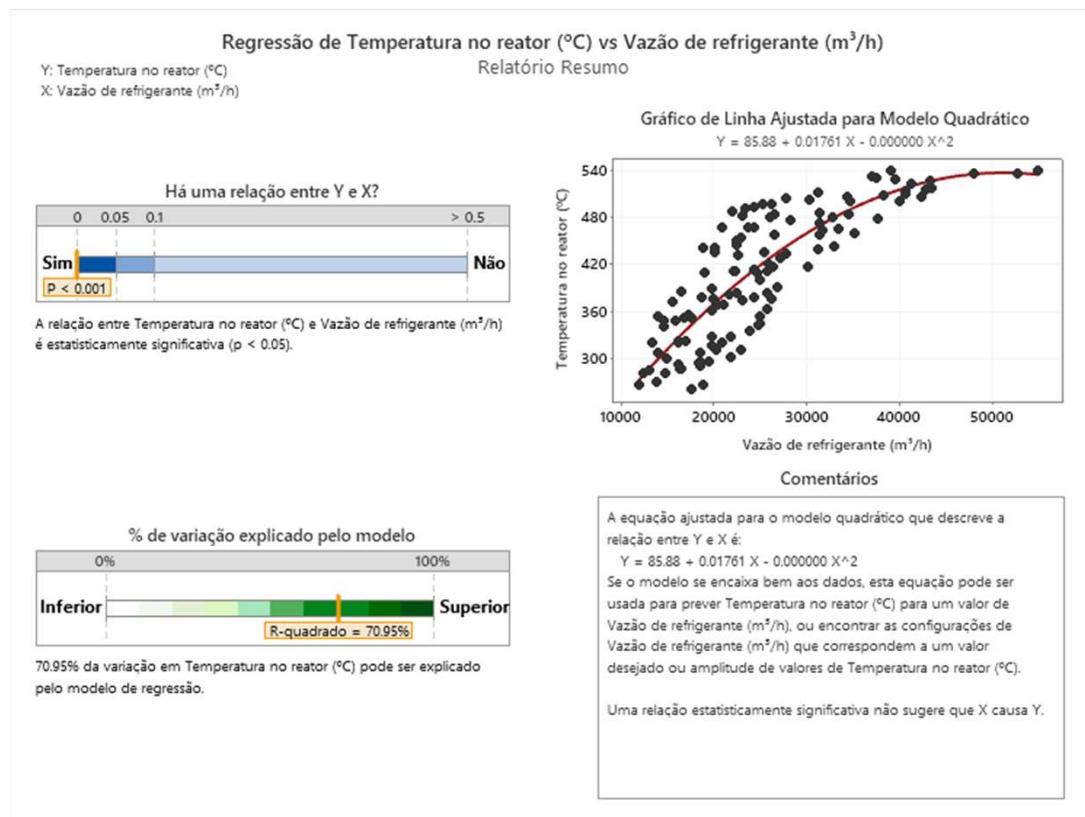
Para a correlação aparentemente mais visível entre temperatura do reator e vazão de refrigerante, a ajuste de linha – para regressão – fica prejudicado quando considerados os 3 gases.

## 2. ANALYSE – Relação entre os X's



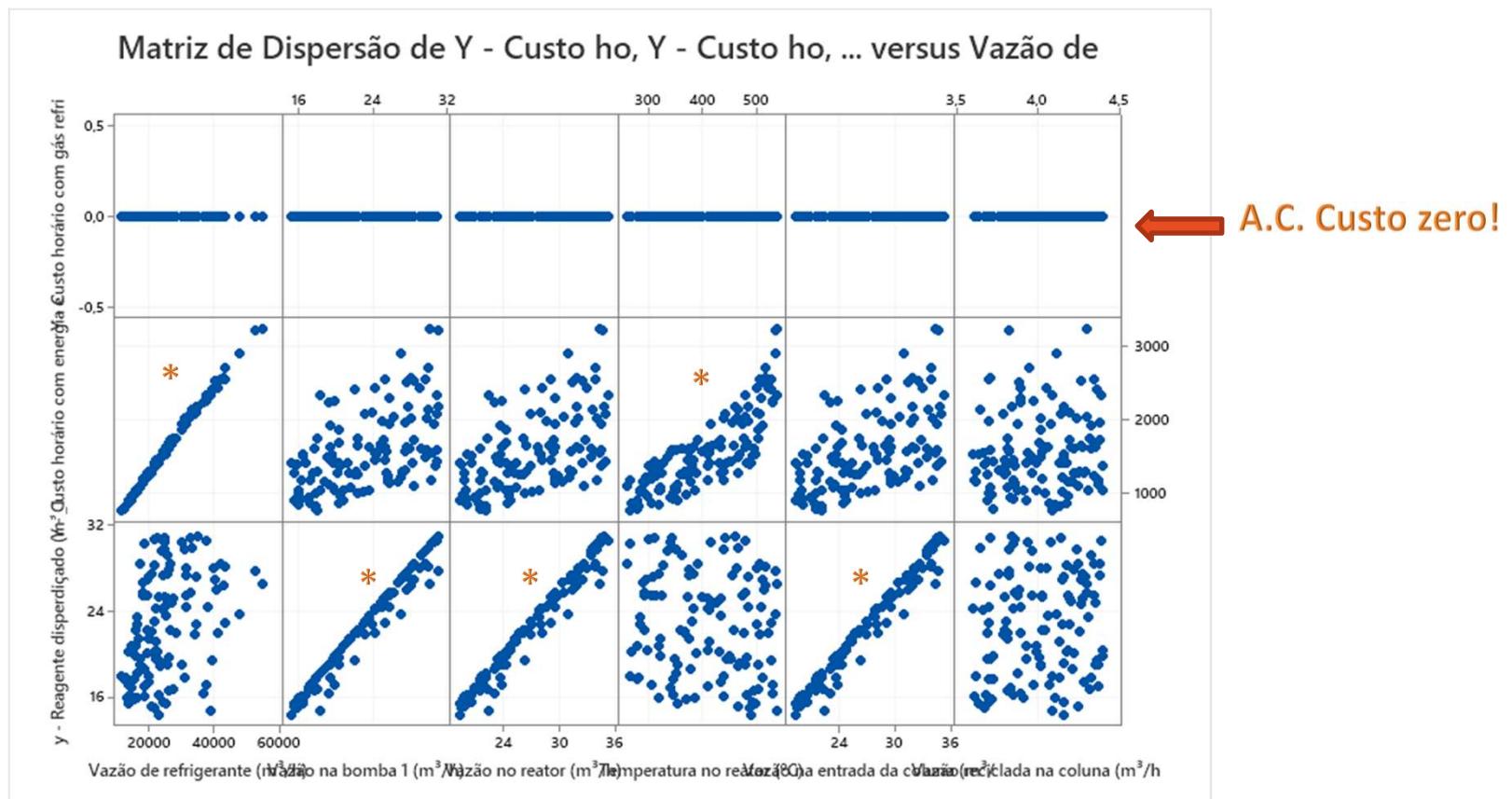
Neste caso, quando se isola apenas o ar comprimido e a análise é feita, chega-se a um resultado mais consistente.

## 2. ANALYSE – Relação entre os X's



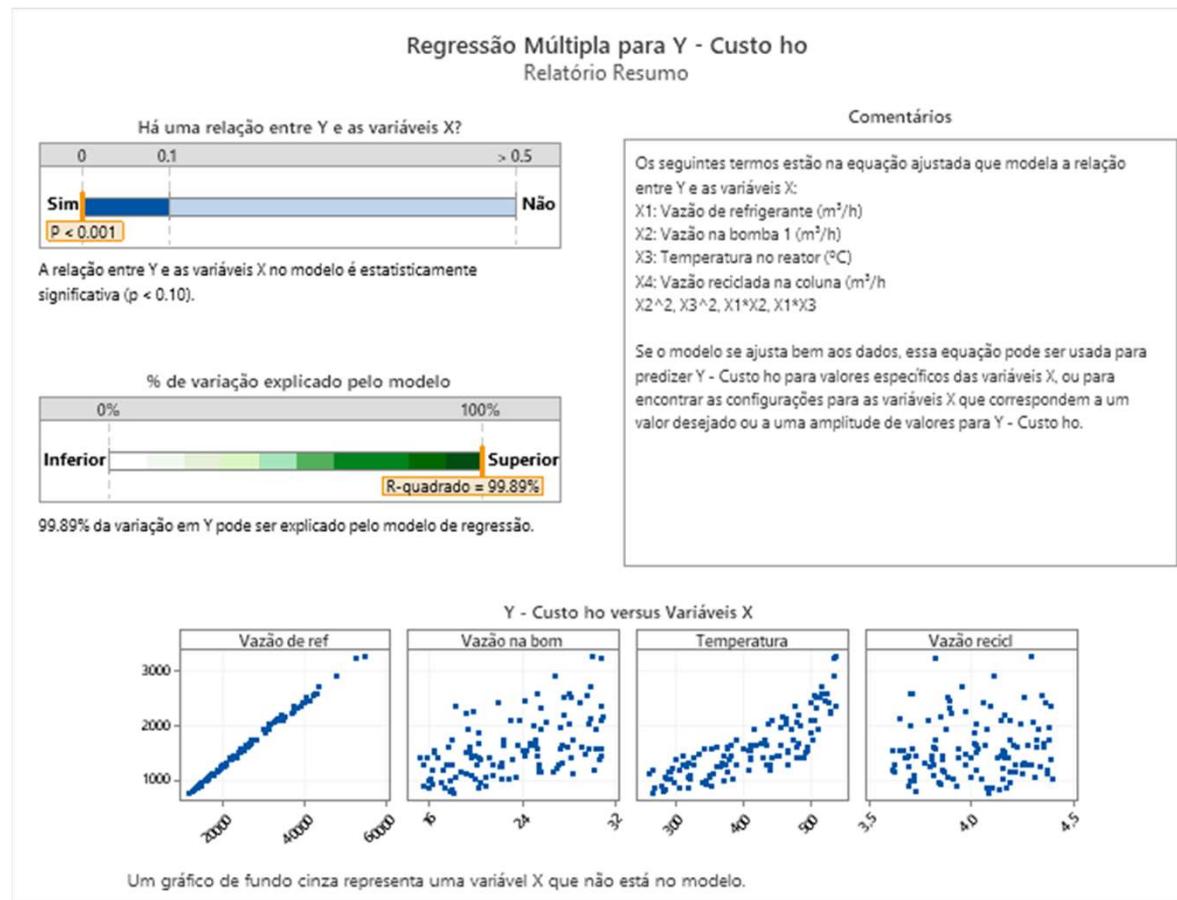
### 3. ANALYSE – Relação entre os X e Y

Considerando a análise com os resultados obtidos quando da aplicação apenas do ar comprimido no processo produtivo, geramos a seguinte matriz:



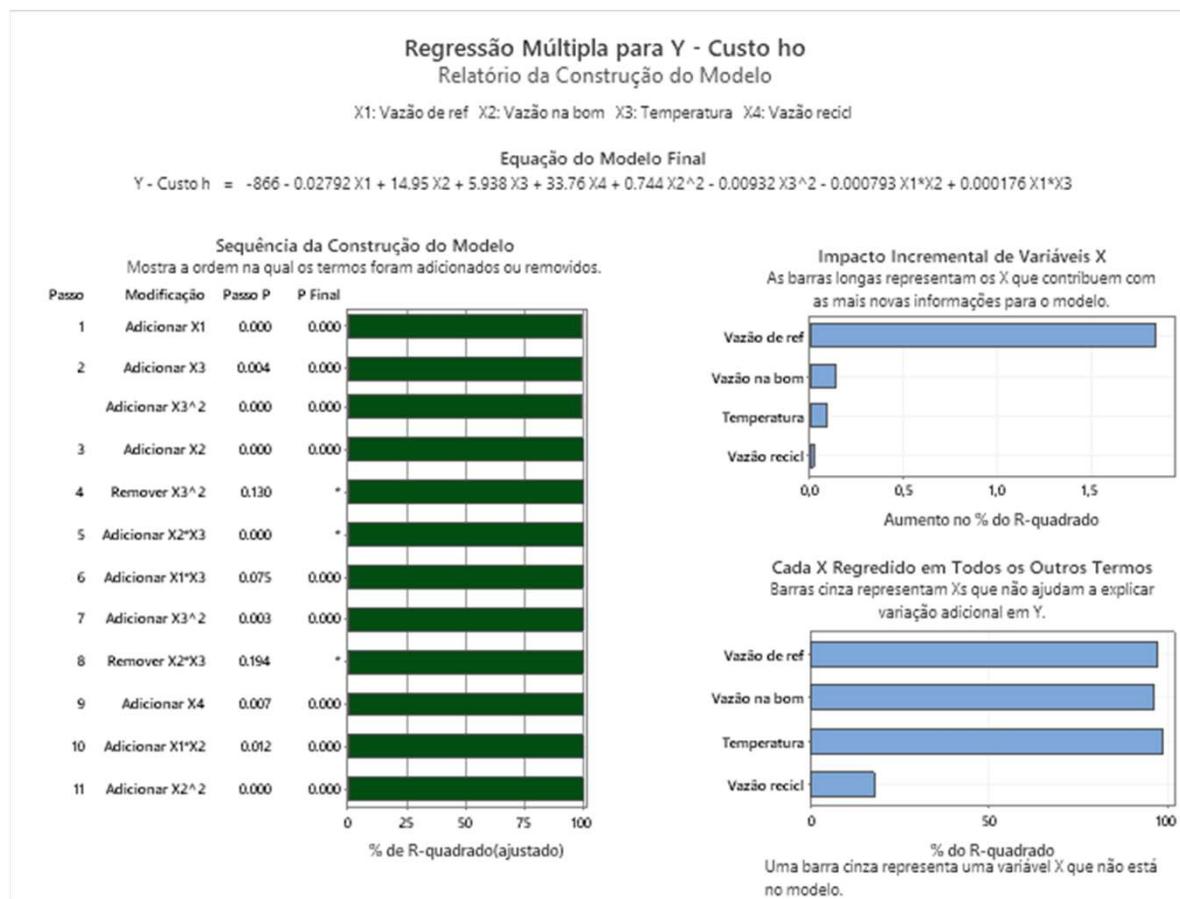
### 3.1. ANALYSE – Regressão entre energia elétrica e X histórico

Em princípios, poderia ser feita uma tentativa de regressão entre o custo de gases refrigerantes e as variáveis X, no entanto nenhum resultado seria tão lucrativo quanto a utilização de um gás custo zero. Portanto, parte-se da premissa que esta análise é irrelevante. Buscamos avançar analisando a correlação do X com o consumo de energia elétrica.

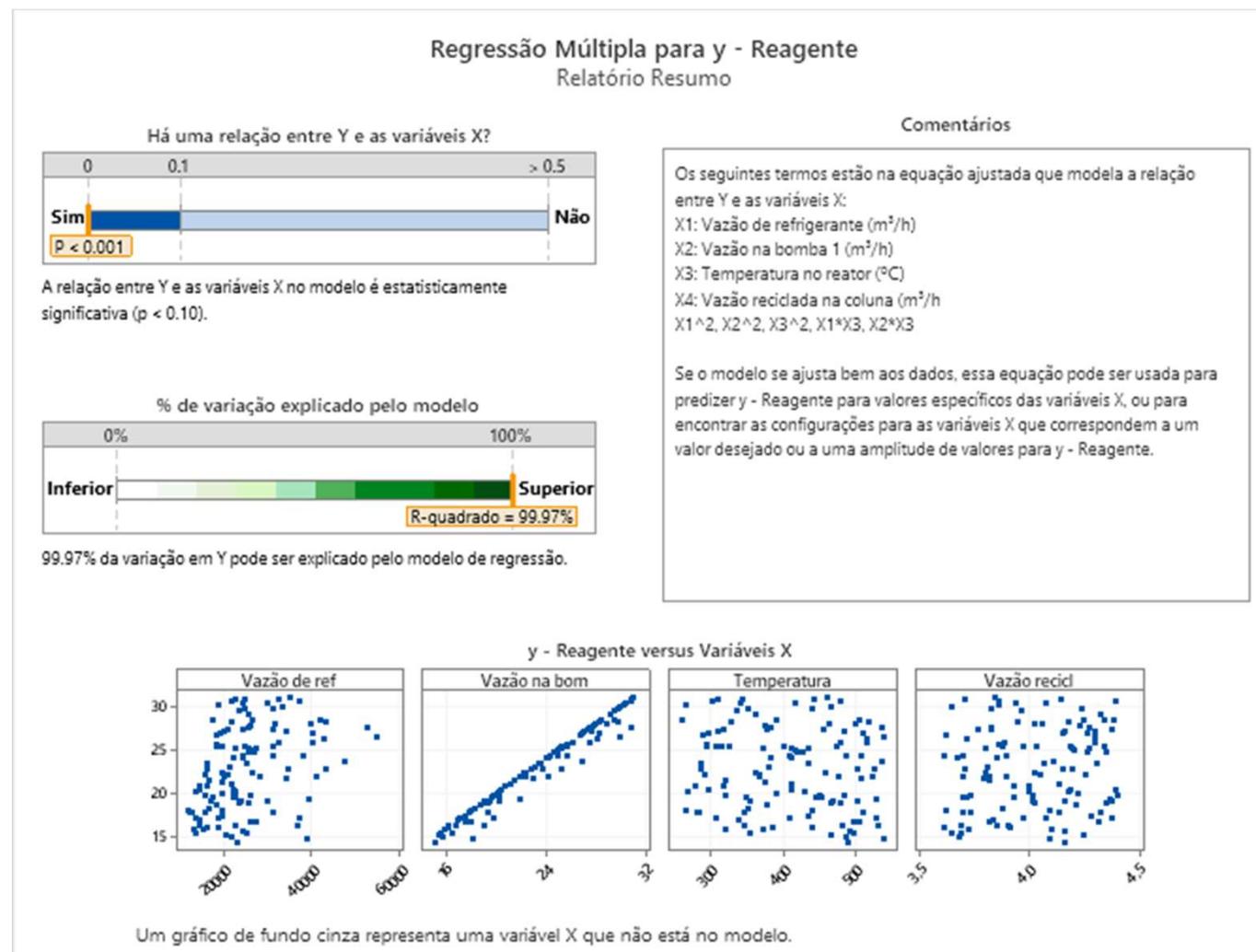


### 3.1. ANALYSE – Regressão entre energia elétrica e X histórico

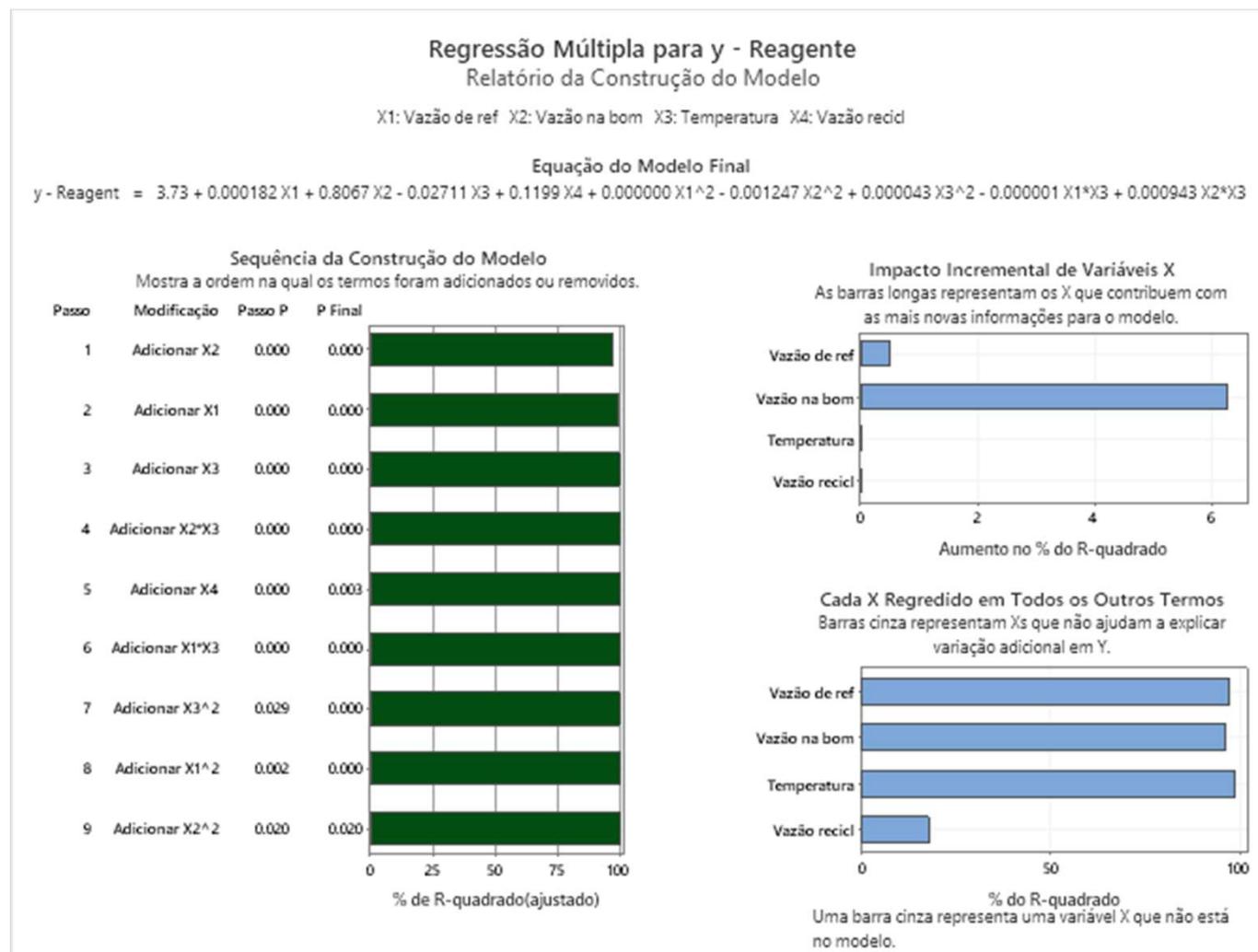
Em princípios, poderia ser feita uma tentativa de regressão entre o custo de gases refrigerantes e as variáveis X, no entanto nenhum resultado seria tão lucrativo quanto a utilização de um gás custo zero. Portanto, parte-se da premissa que esta análise é irrelevante. Buscamos avançar analisando a correlação do X com o consumo de energia elétrica.



## 3.2. ANALYSE – Regressão entre consumo de reagente e X histórico



## 3.2. ANALYSE – Regressão entre consumo de reagente e X histórico



## 4. ANALYSE – Conclusões parciais

---



Quanto ao tipo de gás: utilizar um gás custo zero já se mostrou impactante para o processo produtivo em termos de resultado financeiro;

Quanto ao consumo de energia elétrica: afetado pela vazão de refrigerante e vazão na Bomba 1, conforme análise de regressão realizada. Podemos partir do pressuposto que a vazão de refrigerante é item chave neste ponto.

Quanto ao volume de reagente desperdiçado: afetado principalmente pela vazão na bomba e em segundo lugar pela vazão de refrigerante. A vazão da bomba pode ser considerada como item crítico para o volume de reagente desperdiçado.

Desde o princípio, era clara a diferença de custo de aquisição de gás refrigerante ar comprimido quando comparado com os demais, de maneira que, financeiramente já se mostrava mais vantajoso, inclusive por ser o único a alterar positivamente a curva de geração de caixa.

O consumo de energia elétrica para o ar comprimido é expressivamente maior se comparada de modo isolado com os demais gases. No entanto, no cômputo geral, esse acréscimo não é grande o suficiente a ponto de invalidar o uso do ar como o principal gás do processo.

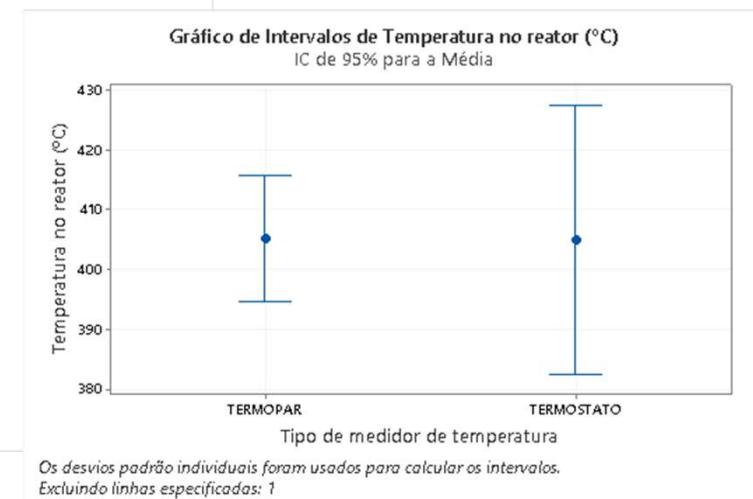
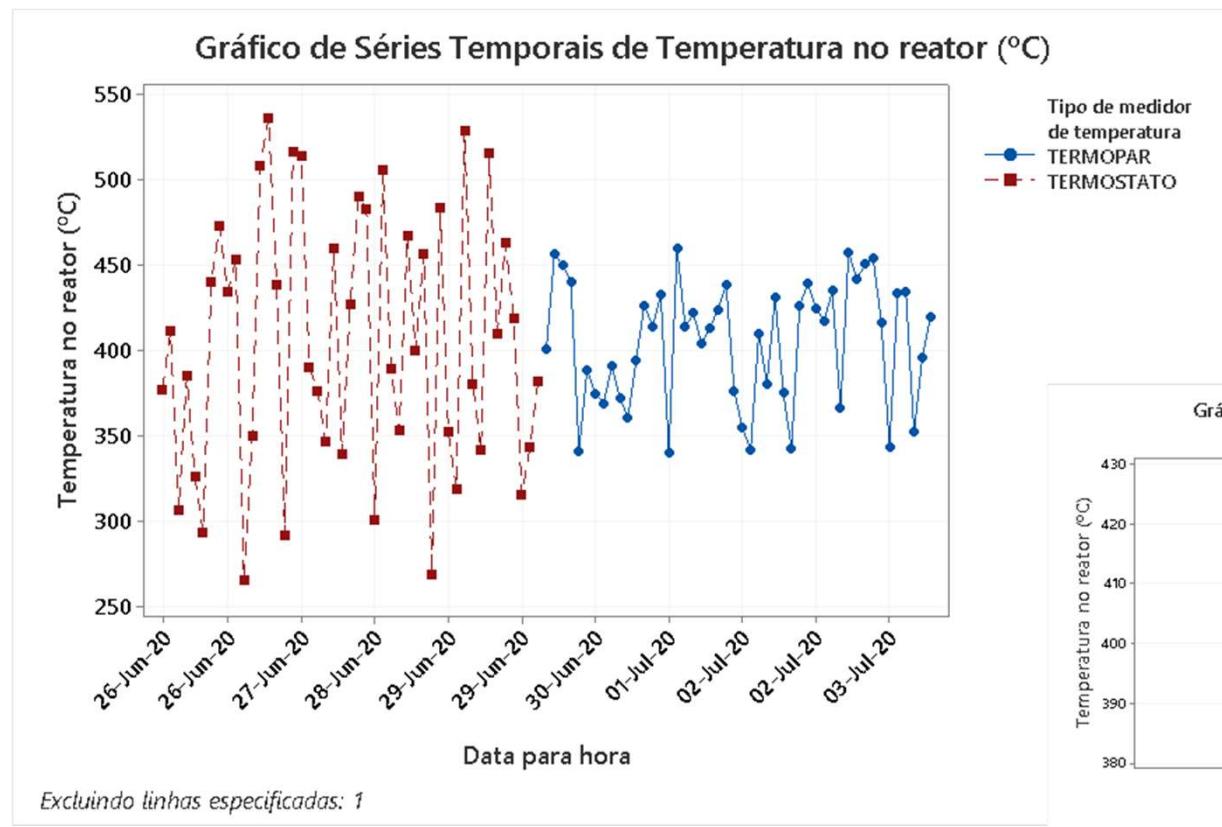
Estatisticamente o volume de reagente desperdiçado é o mesmo para todos os gases. Assim sendo, o ar comprimido é confirmado como o gás a ser utilizado nos processos futuros de operação da planta.

Não foram gerados dados com distintos medidores de temperatura (apenas com termostato), de maneira que será necessário rodar a planta mais vezes com o termopar para que sejam gerados dados suficientes a pontos de se buscar um comparativo e decidir por qual dos dois utilizar.

## 5. ANALYSE – Medidor de temperatura



Foram realizados mais 4 giros na planta com a utilização do termopar, para que novos dados pudessem ser gerados a título de comparação. No total, foram obtidos 48 dados horários para termopar, que foram comparados com os últimos 48 dados horários de termostato, provenientes dos giros iniciais da planta.

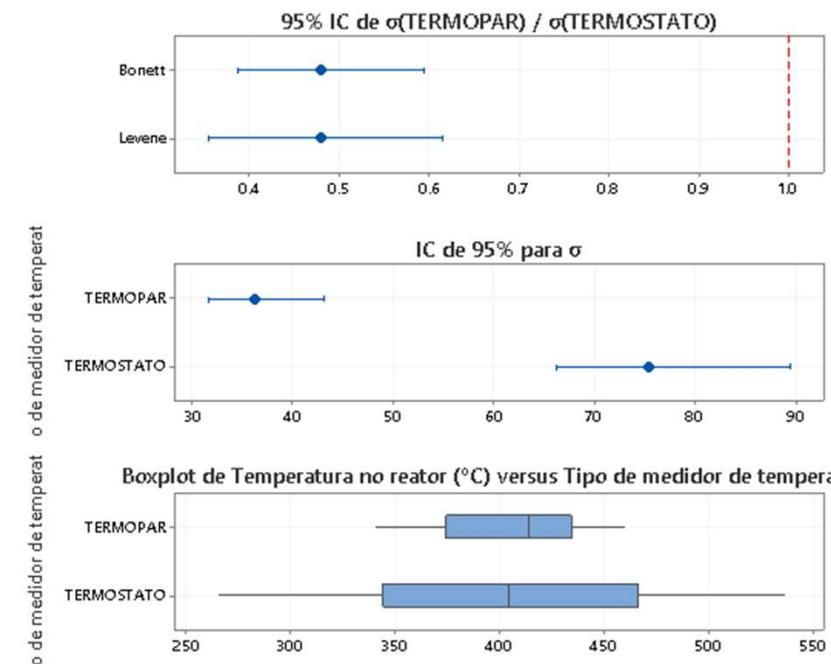


# 5. ANALYSE – Medidor de temperatura



Observamos que há diferença no desvio padrão, mas não na média

Teste e IC para Duas Variâncias: Temp.reator ( $^{\circ}\text{C}$ ) X Tipo de medidor de temp.  
Razão = 1 vs Razão  $\neq 1$



## Teste

Hipótese nula  $H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$   
Hipótese alternativa  $H_a: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$   
Nível de significância  $\alpha = 0.05$

Método	de teste	GL1	GL2	Valor-p	
Bonett		28.35	1	0.000	
Levene		28.00	1	94	0.000

## Método

$\sigma_1$ : desvio padrão de Temperatura no reator ( $^{\circ}\text{C}$ ) quando Tipo de medidor de temperatura = TERMOPAR

$\sigma_2$ : desvio padrão de Temperatura no reator ( $^{\circ}\text{C}$ ) quando Tipo de medidor de temperatura = TERmostato

Razão:  $\sigma_1 / \sigma_2$

Os métodos de Bonett e Levene são válidos para toda distribuição contínua.

## 6. ANALYSE – Planejamento de experimento 1



---

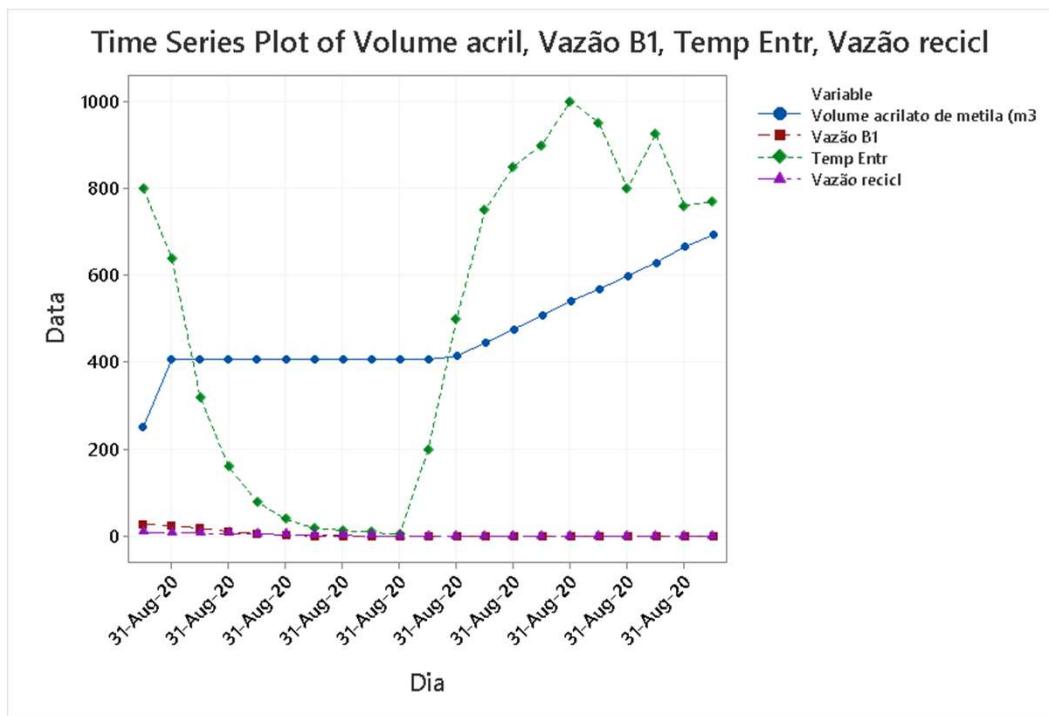
A partir deste ponto, devem ser realizados novos experimentos com o Ar comprimido de forma a buscar o parâmetros que gerem a condição ótima de operação, ou seja, com a alternância de elementos distintos de gás refrigerante, há uma combinação ideal que gera o melhor resultado para a planta.

Fatores considerados:

- Vazão da bomba 1 – será reduzido do limite de 29m<sup>3</sup>/h até 0,005m<sup>3</sup>/h para que analise o impacto na produção de acrilato de metila.
- Temperatura no reator – os experimentos serão realizados entre os valores de 5°C e 1000°C, de maneira decrescente e juntamente com a vazão da bomba, para que se busque alguma correlação inicial
- Vazão de reciclo na coluna – será reduzida entre o limite superior de 10m<sup>3</sup>/h até 1m<sup>3</sup>/h

Variáveis resposta monitoradas: primeiramente o volume de acrilato de metila produzido. Caso seja possível definir alguma parametrização ótima de alguma variável X (ou seja, se for viável travar uma ou mais variáveis), outros experimentos poderão ser rodados para que se busque um afunilamento de resultados através do volume de reagente desperdiçado e, em último caso, do custo total de energia elétrica.

## 6. ANALYSE – Planejamento de experimento 1

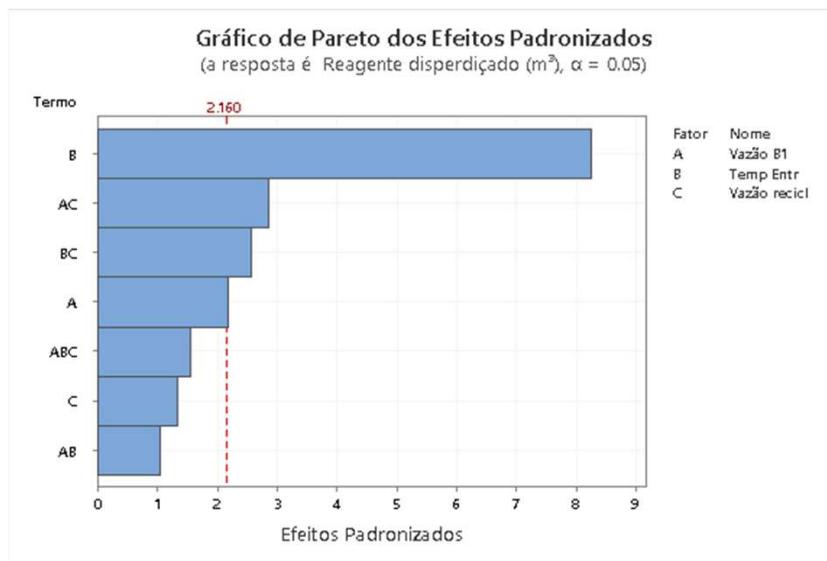


Foram rodados, inicialmente, os ciclos na planta reduzindo-se valores de vazão, temperatura de entrada no reator e vazão de recirculação, sempre acompanhando o volume de acrilato de metila produzido.

Pode-se inferir, a partir dos resultados, que a temperatura deve ser mantida alta, acima de 500°C para garantir maior volume de produção de acrilato de metila e que as vazões da bomba e da coluna de recirculação devem ser mantidas nas mínimas. Assim, a busca passa a ser pela temperatura ótima do sistema, sendo que a próxima variável y de controle será o volume de reagente desperdiçado.

## 6. ANALYSE – Planejamento de experimento 1

Foi realizada uma análise de regressão para se buscar uma correlação entre o volume de reagente desperdiçado e as variáveis X do experimento.



### Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
12.7658	97.26%	95.78%	0.00%



### Análise de Variância

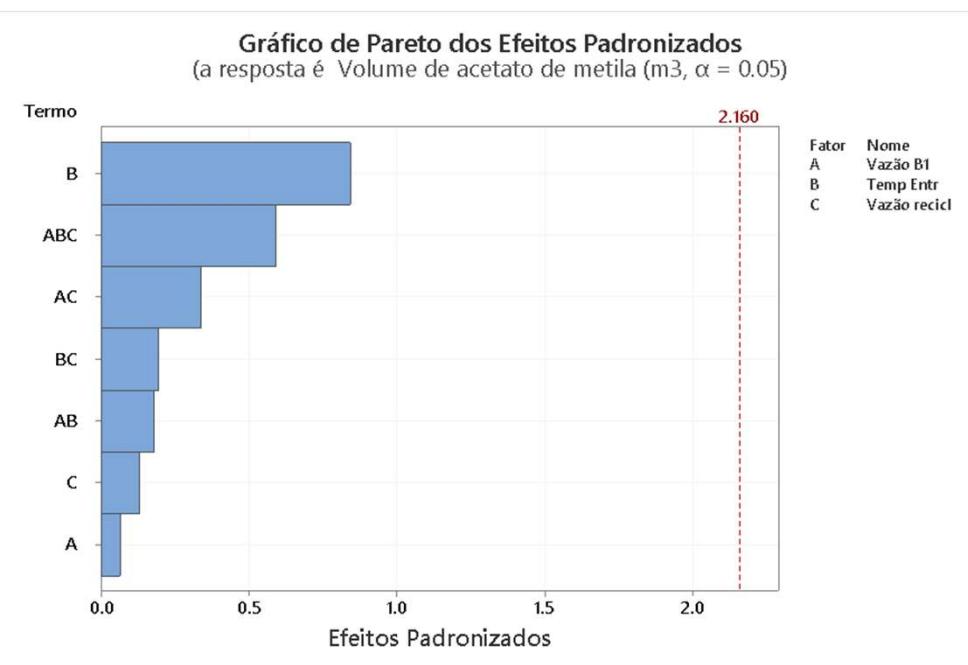
Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Modelo	7	75107.6	10729.7	65.84	0.000
Linear	3	12885.9	4295.3	26.36	0.000
Vazão B1	1	785.9	785.9	4.82	0.047
Temp Entr	1	111111.6	111111.6	68.18	0.000
Vazão recicl	1	297.7	297.7	1.83	0.200
Interações de 2 fatores	3	25064.9	8355.0	51.27	0.000
Vazão B1*Temp Entr	1	184.4	184.4	1.13	0.307
Vazão B1*Vazão recicl	1	1329.6	1329.6	8.16	0.013
Temp Entr*Vazão recicl	1	1072.1	1072.1	6.58	0.024
Interações de 3 fatores	1	397.1	397.1	2.44	0.143
Vazão B1*Temp Entr*Vazão recicl	1	397.1	397.1	2.44	0.143
Erro	13	2118.6	163.0		
Total	20	77226.2			



Em relação ao volume de reagente desperdiçado, a temperatura de entrada no reator é parâmetro-causa fundamental do processo.

## 6. ANALYSE – Planejamento de experimento 1

Da mesma forma, quando analisada a correlação entre o volume produzido de acrilato de metila e as variáveis de entrada, observa-se que a temperatura de entrada no reator também é causa fundamental para o volume produzido.



### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
73.2109	61.51%	54.72%	40.98%



### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	145602	48534	9.06	0.001
Vazão B1	1	12612	12612	2.35	0.143
Temp Entr	1	47785	47785	8.92	0.008
Vazão recicl	1	2870	2870	0.54	0.474
Error	17	91117	5360		
Total	20	236720			



De posse desses dados, buscaremos o experimento final para definir a melhor faixa de temperatura do processo.

---

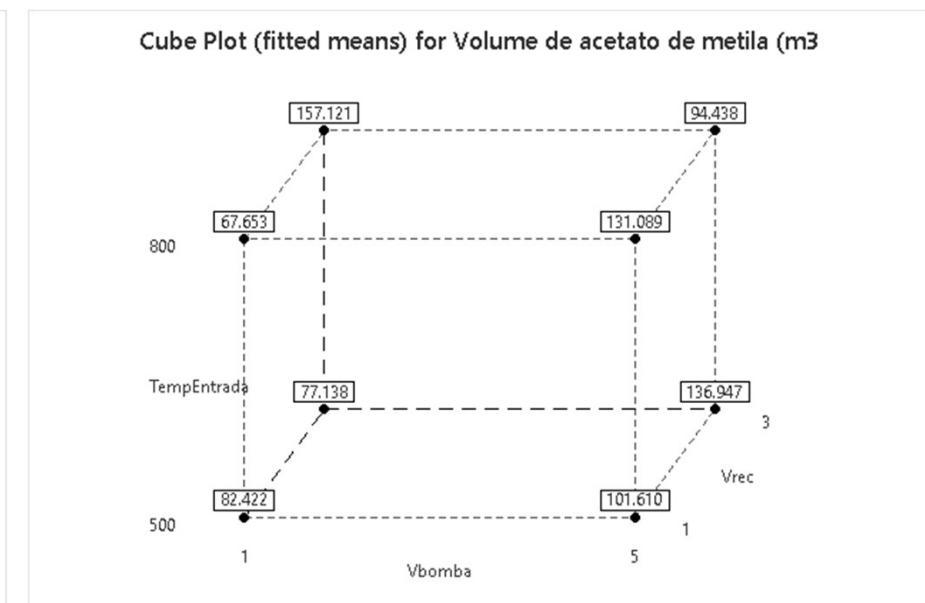
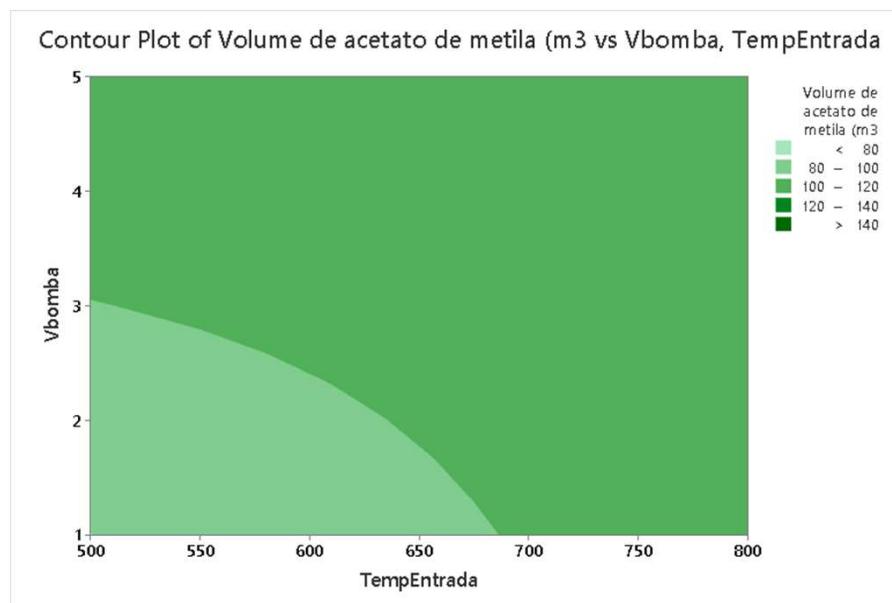
# IMPROVE

# 1. IMPROVE – Experimento 1

A partir deste ponto, devem ser realizados novos experimentos com os seguintes parâmetros:

- Vazão da bomba 1 – entre 1m<sup>3</sup>/h e 5m<sup>3</sup>/h.
- Temperatura no reator – entre 500°C e 800°C
- Vazão de reciclo na coluna – entre 1m<sup>3</sup>/h e 3m<sup>3</sup>/h

Variáveis resposta monitoradas: volume de acrilato de metila produzido:



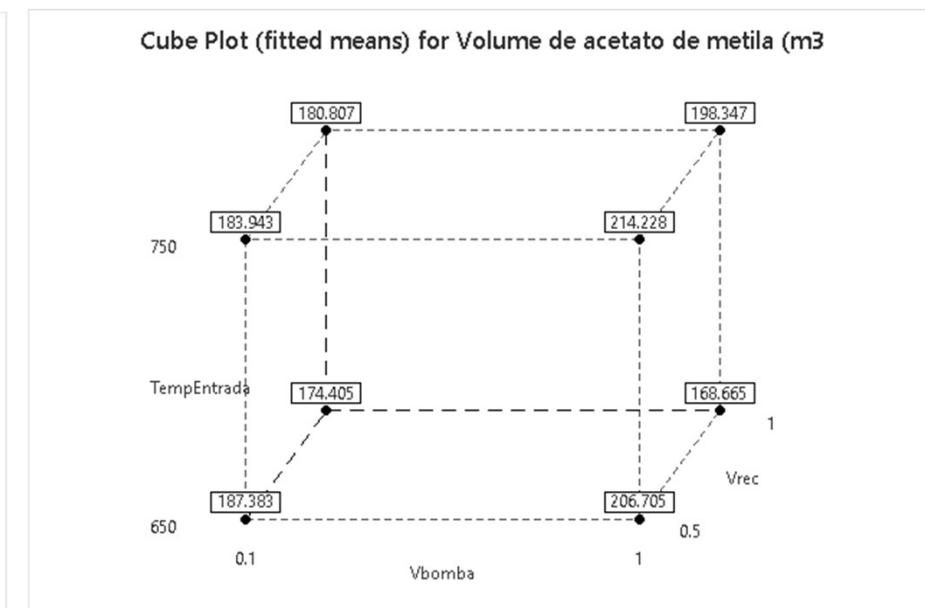
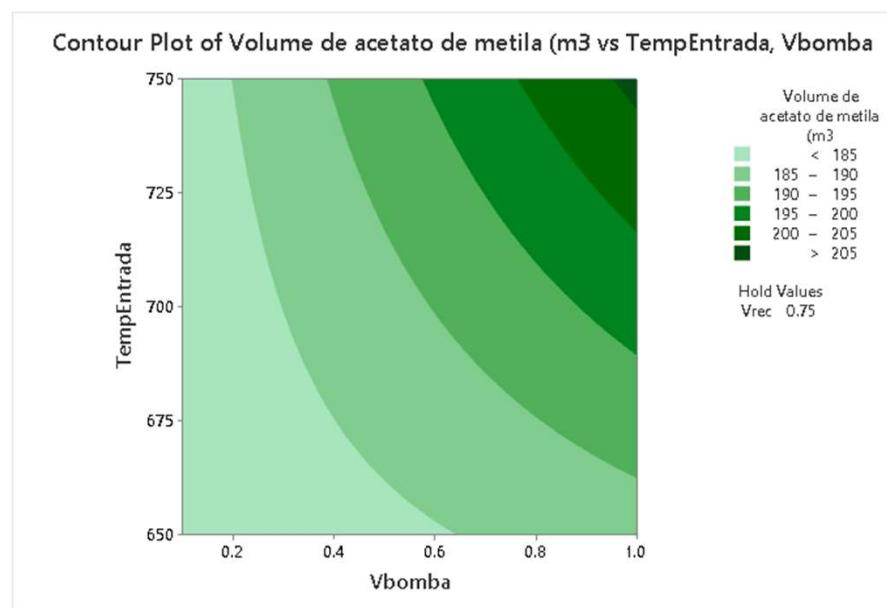
RESULTADO: Nova faixa a ser trabalhada. Para bomba, buscar menor vazão, para a temperatura faixa de 650°C a 750°C e para vazão de recirculação busca minimizar (estudar se algum valor abaixo de 1m<sup>3</sup>/h tem efeito positivo no processo)

## 2. IMPROVE – Experimento 2

A partir deste ponto, devem ser realizados novos experimentos com os seguintes parâmetros:

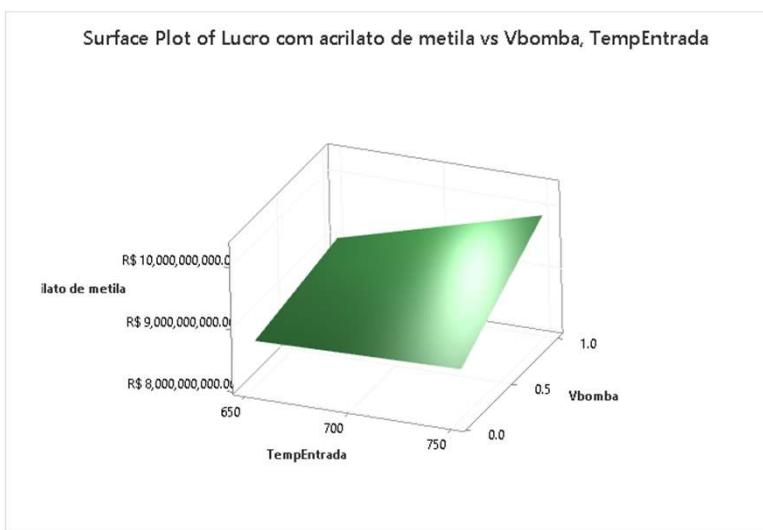
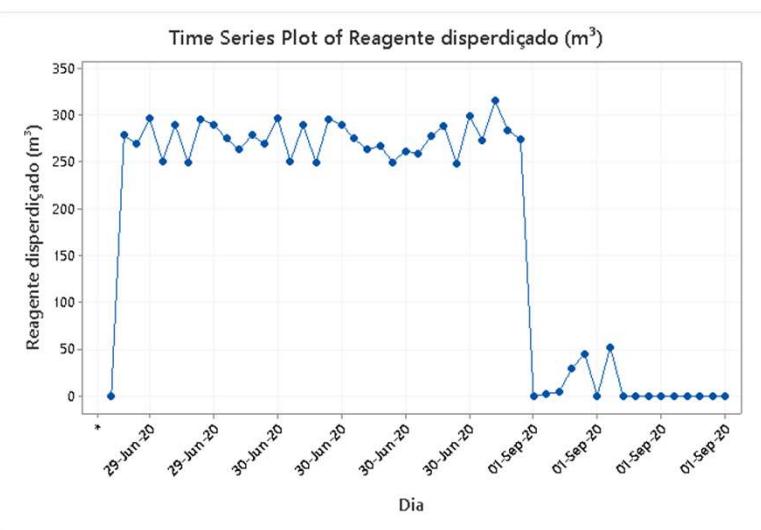
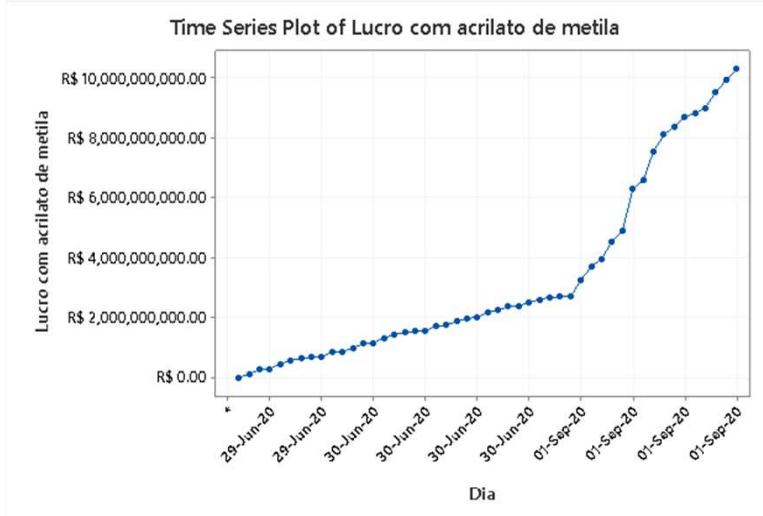
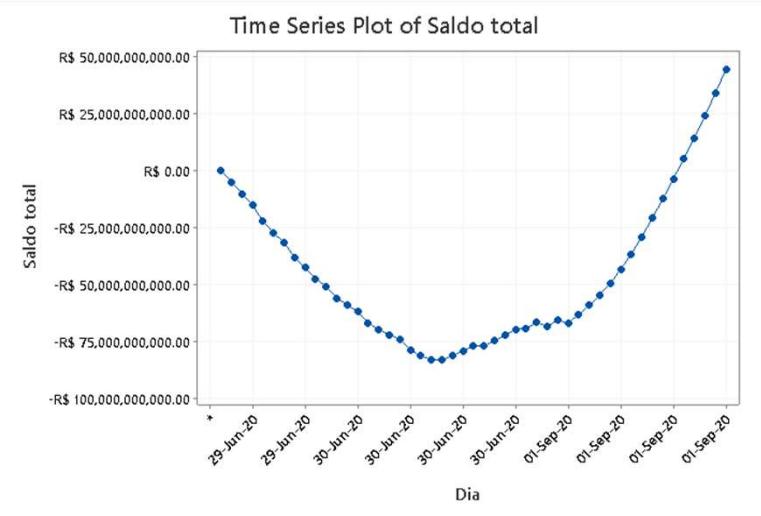
- Vazão da bomba 1 – entre 0,1m<sup>3</sup>/h e 1m<sup>3</sup>/h.
- Temperatura no reator – entre 650°C e 750°C
- Vazão de reciclo na coluna – entre 0,5m<sup>3</sup>/h e 1m<sup>3</sup>/h

Variáveis resposta monitoradas: volume de acrilato de metila produzido:



RESULTADO: Parâmetros ótimos para bomba em 1m<sup>3</sup>/h, Temperatura 750°C e Vazão de recirculação 0,5m<sup>3</sup>/h

### 3. IMPROVE – Avaliação da eficácia



---

## Control

Nessa fase, você irá:

1. Padronize e documente
2. Treine
3. Implemente
4. Controle
5. Finalize o projeto.

# 1. CONTROL – 5W2H



---

A implementação das mudanças com alteração dos parâmetros aconteceu em paralelo com a operação. Foi criada uma nova instrução de trabalho com as definições de vazão e temperatura de entrada no reator.

Através dos estudos realizados, ficou comprovado que o sistema se torna estável e lucrativo com a adoção de ar comprimido e condições específicas de vazão da bomba 1 e temperatura de entrada.

Os operadores foram orientados a monitorar o sistema de forma a não permitir que sejam imputados dados distintos aos que foram estudados pelo time de melhoria.

O que (What)	Quem (Who)	Quando (When)	Onde (Where)	Porque (Why)	Como (How)
Treinar o time operacional (principalmente o Sr Santos!)	Gerente operacional	Até 07/09	Sede Plastimatrix	Porque o treinamento garante a operacionalização correta	Em campo, ajustando o sistema para as condições ótimas
Eliminar demais gases refrigerantes	Gerente operacional	Até 07/09	Sede Plastimatrix	Porque o ar comprimido é o ar padrão do sistema	Finalizando o estoque de amônia e propano e não realizando novos pedidos desses gases.

## 2. CONTROL – Ações e recomendações

---



### Ações de controle:

- Treinar novos empregados
- Monitorar desempenho do sistema
- Elaborar relatórios de capacidade para cada rodada de produção
- Registrar eventuais discrepâncias que venham a surgir e trata-las junto com o time de melhoria
- Manter os equipamentos sempre manutenidos para evitar paradas operacionais não previstas.

### Recomendações futuras

- Buscar formas alternativas de energia para reduzir o consumo de energia elétrica



### 3. CONTROL – Finalização do projeto

---



Resultados operacionais e financeiros alcançados:

- Redução de custos operacionais na ordem de 91%;
- Geração positiva de caixa, com indicação de tendência positiva futura;
- Reversão de saldo (prejuízo máximo) de **-R\$ 83.181.529,415,00** para **R\$ 44.361.873.748,64** ao final do projeto
- Redução/eliminação de despesas atreladas à aquisição de gases distintos ao ar comprimido.

OBRIGADO!!