
**Faculdade de Engenharia da Universidade do
Porto**



**Análise Crítica de Ciclos de Operações de
Produção em Mina Subterrânea**

Pedro Elói Barros

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado em Engenharia de Minas e Geo-Ambiente

Orientador: Alexandre Machado Leite

Julho de 2019

© Autor, 2019

Resumo

Com a volatilidade dos mercados financeiros de commodities, onde se insere o comércio de metais base, os empreendimentos mineiros têm de se manter competitivos e em melhoria contínua dos seus processos. Um fator preponderante na avaliação de um empreendimento é a sua produtividade face aos seus custos. Devido aos grandes custos operacionais de uma exploração mineira subterrânea, é fundamental para o sucesso e longevidade do empreendimento que este seja o mais produtivo possível.

A partir desta premissa, a presente dissertação tem por base avaliar criticamente ciclos de operações mineiras, uma das fases com mais implicações nos custos variáveis de todo o empreendimento. A análise dos ciclos de operações de produção, foi realizada em duas frentes de trabalho, separadas no tempo e no espaço, com diferentes condicionantes e estrangimentos, de forma a se poder aferir alguma variabilidade das mesmas no ciclo de operação. Desta análise pretende-se identificar operações unitárias que possam ser alvo de melhoria e com a otimização destas, otimizar todo o ciclo de operações de produção, maximizando assim, todos os recursos disponíveis.

Palavras Chave: Ciclo de Operações; Ciclo de Produção; Mina Subterrânea; Drift and Fill

Abstract

With the volatility of the commodity financial markets, where the base metals trade is inserted, mining enterprises have to remain competitive and continuously improving their processes. A major factor in evaluating a venture is its productivity against its costs. Due to the high operating costs of an underground mining operation, it is critical to the success and longevity of the project to be as productive as possible.

Based on this premise, this dissertation is based on critically evaluating mining operations cycles, one of the phases with the most implications for the variable costs of the entire enterprise. The analysis of the production operations cycles was carried out in two work fronts, separated in time and space, with different constraints so as to be able to measure some variability of them in the operation cycle. The aim of this analysis is to identify unit operations that can be improved and with their optimization, optimize the entire cycle of production operations, thus maximizing all available resources.

Keywords: *Operations Cycle; Production Cycle; Underground Mining; Drift and Fill;*

Agradecimentos

Aos meus pais,
por todo o esforço, paciência, apoio e me proporcionarem todas as condições para o
meu sucesso nesta longa caminhada.

Índice

1.	Introdução	1
1.1.	Tema da Dissertação	1
1.2.	Importância do Tema	2
1.3.	Objetivo Geral e Específicos.....	2
1.4.	Metodologia Seguida	3
2.	Enquadramento	4
2.1.	Geográfico	4
2.2.	Geológico	5
3.	Método de Desmonte.....	8
4.	Ciclo de Operações.....	15
4.1.	Teórico	15
4.2.	Observado	16
4.3.	Descrição das Atividades	19
5.	Recolha de dados.....	25
5.1.	Frente 1	26
5.2.	Frente 2	30
6.	Análise dos Ciclos de Operação	34
6.1.	Frente 1	34
6.2.	Frente 2	49
7.	Conclusões.....	61
8.	Proposta de otimização.....	63
9.	Referências	65
9.1.	Bibliografia	65
9.2.	Webgrafia.....	66
Anexo 1 - Exemplo da Folha de Registo		67
Anexo 2 - Gráficos 1º Ciclo Frente 1		68
Anexo 3 - Gráficos 2º Ciclo Frente 1		71

Anexo 4 - Gráficos 3º Ciclo Frente 1	74
Anexo 5 - Gráficos 4º Ciclo Frente 1	77
Anexo 6 - Gráficos 5º Ciclo Frente 1	80
Anexo 7 - Gráficos 6º Ciclo Frente 1	83
Anexo 8 - Gráficos 7º Ciclo Frente 1	86
Anexo 9 - Gráficos 8º Ciclo Frente 1	89
Anexo 10 - Gráficos 9º Ciclo Frente 1	92
Anexo 11 - Gráficos 1º Ciclo Frente 2	95
Anexo 12 - Gráficos 2º Ciclo Frente 2	98
Anexo 13 - Gráficos 3º Ciclo Frente 2	101
Anexo 14 - Gráficos 4º Ciclo Frente 2	104
Anexo 15 - Gráficos 5º Ciclo Frente 2	107
Anexo 16 - Gráficos 6º Ciclo Frente 2	110
Anexo 17 - Gráficos 7º Ciclo Frente 2	113
Anexo 18 - Gráficos 8º Ciclo Frente 2	116
Anexo 19 - Gráficos 9º Ciclo Frente 2	119

Lista de figuras

Ilustração 1 - Representação da FPI (Fonte: Wikipedia)	5
Ilustração 2 - Fluxograma dos diversos tipos de desmonte	8
Ilustração 3 - Esquemática do desenvolvimento de acesso ao Jazigo	9
Ilustração 4 - Esquemática da Sequência de Exploração por Níveis	10
Ilustração 5 - Representação, em planta, do desenvolvimento de um nível de exploração (Fase 1)	11
Ilustração 6 - Representação, em planta, do início de desmonte dos painéis num nível (Fase 2)	11
Ilustração 7 - Representação, em planta, das fases seguintes de exploração de um painel ...	12
Ilustração 8 - Representação, em planta, da sequência alternativa de desmonte de um painel	13
Ilustração 9 - Vantagens e Desvantagens da utilização de D&F	13
Ilustração 10 - Ciclo de Operações genérico	16
Ilustração 11 - Ciclo de Operações e suas atividades derivadas	18
Ilustração 12 - Fluxograma da Atividade de Saneamento	19
Ilustração 13 - Exemplo de um Scaler (Fonte: www.komatsu.com)	19
Ilustração 14 - Fluxograma da Atividade do Sustimento	20
Ilustração 15 - Exemplo de um Jumbo de Sustimento (Fonte: www.sandvik.com)	20
Ilustração 16 - Fluxograma da Atividade de Perfuração	21
Ilustração 17 - Exemplo de um Jumbo de Perfuração (Fonte: www.epiroc.com)	21
Ilustração 18 - Fluxograma da Atividade de Carregamento da Frente	22
Ilustração 19 - Exemplo de um Plataforma de Carregamento (www.normet.com)	22
Ilustração 20 - Fluxograma da atividade de Remoção	22
Ilustração 21 - Exemplo de uma Pá Carregadora (Fonte: www.sandvik.com)	22
Ilustração 22 - Fissural de cobre da Frente 1	26
Ilustração 23 - Frente em maciço de cobre (Frente 2)	30
Ilustração 24 - Representação das Operações da Frente 1, por Hora, por Ciclo.	37
Ilustração 25 - Desvios, por Horas, das Operações na Frente 1.	38

Ilustração 26 - Representação das Interrupções Gerais na Frente 1, por Hora, por Ciclo.	39
Ilustração 27 - Desvios, por Hora, das Interrupções Gerais na Frente 1.....	39
Ilustração 28 - Representação das Interrupções de Equipamento na Frente 1, por Hora, por Ciclo.	40
Ilustração 29 - Desvios, por Hora, das Interrupções de Equipamento na Frente 1.....	41
Ilustração 30 - Representação das Outras Atividades na Frente 1, por Hora, por Ciclo.	42
Ilustração 31 - Desvio, por Hora, das Outras Atividades na Frente 1.	42
Ilustração 32 - Análise Global de todas as Atividades na Frente 1.	43
Ilustração 33 - Comparação Global de Todas as Atividades na Frente 1, por Hora, por Ciclo.	44
Ilustração 34 - Desvio Global, em Horas, de todas as Atividades na Frente 1.....	45
Ilustração 35 - Distribuição das Operações da Frente 1.....	46
Ilustração 36 - Distribuição das Interrupções Gerais da Frente 1.....	46
Ilustração 37 - Distribuição das Interrupções Equipamento da Frente 1	47
Ilustração 38 - Distribuição das Outras Atividades da Frente 1	47
Ilustração 39 - Distribuição dos Ciclos da Frente 1	48
Ilustração 40 - Representação das Operações na Frente 2, por Hora, por Ciclo.	51
Ilustração 41 - Desvios, por Hora, das Operações na Frente 2.	51
Ilustração 42 - Representação das Interrupções Gerais na Frente 2, por Hora, por Ciclo.	52
Ilustração 43 - Desvio, por Hora, das Interrupções Gerais na Frente 2.	53
Ilustração 44 - Representação das Interrupções de Equipamento na Frente 2, por Hora, por Ciclo.	54
Ilustração 45 - Desvio, por Hora, das Interrupções Gerais na Frente 2.	54
Ilustração 46 - Representação das Outras Atividades na Frente 2, por Hora, por Ciclo.	55
Ilustração 47 - Desvio, por Hora, das Outras Atividades na Frente 2.	56
Ilustração 48 - Análise Global de todas as Atividades na Frente 2.	57
Ilustração 49 - Comparação Global de Todas as Atividades na Frente 2, por Hora, por Ciclo. .	57
Ilustração 50 - Desvio Global, por Hora, de Todas as Atividades da Frente 2.	58
Ilustração 51 - Distribuição das Operações da Frente 2.....	58
Ilustração 52 - Distribuição das Interrupções Gerais da Frente 2.....	59
Ilustração 53 - Distribuição das Interrupções Equipamento da Frente 2	59

Ilustração 54 - Distribuição dos Ciclos da Frente 2	60
Ilustração 55 - Exemplo da folha de registo.....	67
Ilustração 56 - Análise do 1º Ciclo da Frente 1	68
Ilustração 57 - Representação das Operações do 1º Ciclo da Frente 1.....	68
Ilustração 58 - Representação das Interrupções Gerais do 1º Ciclo da Frente 1	69
Ilustração 59 - Representação das Interrupções de Equipamento da Frente 1	69
Ilustração 60 - Representação das Outras Atividades do 1º Ciclo da Frente 1	70
Ilustração 61 - Análise do 2º Ciclo da Frente 1	71
Ilustração 62 - Representação das Operações do 2º Ciclo da Frente 1.....	71
Ilustração 63 - Representação das Interrupções Gerais do 2º Ciclo da Frente 1	72
Ilustração 64 - Representação das Interrupções do 2º Ciclo da Frente 1	72
Ilustração 65 - Representação das Outras Atividades do 2º Ciclo da Frente 1	73
Ilustração 66 - Análise do 3º Ciclo da Frente 1	74
Ilustração 67 - Representação das Operações do 3º Ciclo da Frente 1.....	74
Ilustração 68 - Representação das Interrupções Gerais do 3º Ciclo da Frente 1	75
Ilustração 69 - Representação das Interrupções de Equipamento da Frente 1	75
Ilustração 70 - Representação das Outras Atividades do 3º Ciclo da Frente 1	76
Ilustração 71 - Análise do 4º Ciclo da Frente 1	77
Ilustração 72 - Representação das Operações do 4º Ciclo da Frente 1.....	77
Ilustração 73 - Representação das Interrupções Gerais do 4º Ciclo da Frente 1	78
Ilustração 74 - Representação das Interrupções Equipamento do 4º Ciclo da Frente 1	78
Ilustração 75 - Representação das Outras Atividades do 4º Ciclo da Frente 1	79
Ilustração 76 - Análise do 5º Ciclo da Frente 1	80
Ilustração 77 - Representação das Operações do 5º Ciclo da Frente 1.....	80
Ilustração 78 - Representação das Interrupções Gerais do 5º Ciclo da Frente 1	81
Ilustração 79 - Representação das Interrupções Equipamento do 5º Ciclo da Frente 1	81
Ilustração 80 - Representação das Outras Atividades do 5º Ciclo da Frente 1	82
Ilustração 81 - Análise do 6º Ciclo da Frente 1	83
Ilustração 82 - Representação das Operações do 6º Ciclo da Frente 1.....	83
Ilustração 83 - Representação das Interrupções Gerais do 6º Ciclo da Frente 1	84

Ilustração 84 - Representação das Interrupções Equipamento do 6º Ciclo da Frente 1	84
Ilustração 85 - Representação de Outras Atividades do 6º Ciclo da Frente 1	85
Ilustração 86 - Análise do 7º Ciclo da Frente 1	86
Ilustração 87 - Representação das Operações do 7º Ciclo da Frente 1	86
Ilustração 88 - Representação das Interrupções Gerais do 7º Ciclo da Frente 1	87
Ilustração 89 - Interrupções Gerais do 7º Ciclo da Frente 1	87
Ilustração 90 - Representação das Outras Atividades do 7º Ciclo da Frente 1	88
Ilustração 91 - Análise do 8º Ciclo da Frente 1	89
Ilustração 92 - Representação das Operações do 8º Ciclo da Frente 1	89
Ilustração 93 - Representação das Interrupções Gerais do 8º Ciclo da Frente 1	90
Ilustração 94 - Representação das Interrupções de Equipamento do 8º Ciclo da Frente 1	90
Ilustração 95 - Representação das Outras Atividades do 8º Ciclo da Frente 1	91
Ilustração 96 - Análise do 9º Ciclo da Frente 1	92
Ilustração 97 - Representação das Operações do 9º Ciclo da Frente 1	92
Ilustração 98 - Representação das Interrupções Gerais do 9º Ciclo da Frente 1	93
Ilustração 99 - Representação das Interrupções de Equipamento do 9º Ciclo da Frente 1	93
Ilustração 100 - Representação das Outras Atividades do 9º Ciclo da Frente 1	94
Ilustração 101 - Análise do 1º Ciclo da Frente 2	95
Ilustração 102 - Representação das Operações do 1º Ciclo da Frente 2	95
Ilustração 103 - Representação das Interrupções Gerais do 1º Ciclo da Frente 2	96
Ilustração 104 - Representação das Interrupções de Equipamento do 1º Ciclo da Frente 2	96
Ilustração 105 - Representação das Outras Atividades do 1º Ciclo da Frente 2	97
Ilustração 106 - Análise do 2º Ciclo da Frente 2	98
Ilustração 107 - Representação das Operações do 2º Ciclo da Frente 2	98
Ilustração 108 - Representação das Interrupções Gerais do 2º Ciclo da Frente 2	99
Ilustração 109 - Representação das Interrupções de Equipamento do 2º Ciclo da Frente 2	99
Ilustração 110 - Representação das Outras Atividades do 2º Ciclo da Frente 2	100
Ilustração 111 - Análise do 3º Ciclo da Frente 2	101
Ilustração 112 - Representação das Operações do 3º Ciclo da Frente 2	101
Ilustração 113 - Representação das Interrupções Gerais do 3º Ciclo da Frente 2	102

Ilustração 114 - Representação das Interrupções Equipamento do 3º Ciclo da Frente 2.....	102
Ilustração 115 - Representação das Outras Atividades do 3º Ciclo da Frente 2	103
Ilustração 116 - Análise do 4º Ciclo da Frente 2.....	104
Ilustração 117 - Representação das Operações do 4º Ciclo da Frente 2	104
Ilustração 118 - Representação das Interrupções Gerais do 4º Ciclo da Frente 2	105
Ilustração 119 - Representação das Interrupções Equipamento do 4º Ciclo da Frente 2.....	105
Ilustração 120 - Representação das Outras Atividades do 4º Ciclo da Frente 2	106
Ilustração 121 - Análise do 5º Ciclo da Frente 2.....	107
Ilustração 122 - Representação das Operações do 5º Ciclo da Frente 2	107
Ilustração 123 - Representação das Interrupções Gerais do 5º Ciclo da Frente 2	108
Ilustração 124 - Representação das Interrupções Equipamento do 5º Ciclo da Frente 2.....	108
Ilustração 125 - Representação das Outras Atividades do 5º Ciclo da Frente 2	109
Ilustração 126 - Análise do 6º Ciclo da Frente 2.....	110
Ilustração 127 - Representação das Operações do 6º Ciclo da Frente 2	110
Ilustração 128 - Representação das Interrupções Gerais do 6º Ciclo da Frente 2	111
Ilustração 129 - Representação das Interrupções de Equipamento do 6º Ciclo da Frente 2..	111
Ilustração 130 - Representação das Outras Atividades do 6º Ciclo da Frente 2	112
Ilustração 131 - Análise do 7º Ciclo da Frente 2.....	113
Ilustração 132 - Representação das Operações do 7º Ciclo da Frente 2	113
Ilustração 133 - Representação das Interrupções Gerais do 7º Ciclo da Frente 2	114
Ilustração 134 - Representação das Interrupções de Equipamento do 7º Ciclo da Frente 2..	114
Ilustração 135 - Representação das Outras Atividades do 7º Ciclo da Frente 2	115
Ilustração 136 - Análise do 8º Ciclo da Frente 2.....	116
Ilustração 137 - Representação das Operações do 8º Ciclo da Frente 2	116
Ilustração 138 - Representação das Interrupções Gerais do 8º Ciclo da Frente 2	117
Ilustração 139 - Representação das Interrupções de Equipamento do 8º Ciclo da Frente 2..	117
Ilustração 140 - Representação das Outras Atividades do 8º Ciclo da Frente 2	118
Ilustração 141 - Análise do 9º Ciclo da Frente 2.....	119
Ilustração 142 - Representação das Operações do 9º Ciclo da Frente 2	119
Ilustração 143 - Interrupções Gerais do 9º Ciclo da Frente 2.....	120

Ilustração 144 - Representação das Interrupções de Equipamento do 9º Ciclo da Frente 2...	120
Ilustração 145 - Representação das Outras Atividades do 9º Ciclo da Frente 2	121

Lista de tabelas

Tabela 1 - Registo de Horas por Operação na Frente 1	27
Tabela 2 - Registo de Horas de Interrupções Gerais por Ciclo na Frente 1	28
Tabela 3 - Registo de Horas de Interrupções do Equipamento por Ciclo na Frente 1	28
Tabela 4 - Registo de Horas de Outras Atividades na Frente 1	29
Tabela 5 - Registo Global das diferentes Atividades na Frente 1.....	29
Tabela 6 - Registo de Horas de Operações na Frente 2	31
Tabela 7 - Registo de Horas das Interrupções Gerais na Frente 2	32
Tabela 8 - Registo de Horas das Interrupções de Equipamento na Frente 2.....	32
Tabela 9 - Registo de Horas das Outras Atividades na Frente 2	33
Tabela 10 - Registo Global das Horas das diferentes Atividades da Frente 2.....	33

Abreviaturas e Símbolos

SOMINCOR	Sociedade Mineira de Neves-Corvo
FPI	Faixa Piritosa Ibérica
ZSP	Zona Sul Portuguesa
D&F	Drift and Fill
VCR	<i>Vertical Crater Retreat</i>
MC	Minério de cobre do tipo fissural
MH	Minério de cobre com penalizantes do tipo maciço

1. Introdução

Numa mina subterrânea, o ciclo de operações de produção, corresponde a um conjunto de atividades em cadeia com o objetivo de obtenção de um do minério para posterior tratamento, concentração e comercialização. É também no ciclo de operações que está a maioria da volatilidade dos custos operacionais variáveis de uma operação subterrânea. Desta forma, não obstante, à correta aplicação do melhor método de desmonte para o jazigo a ser explorado, uma análise crítica destes ciclos de operações e respetivas atividades, traz consigo inúmeras vantagens na perspetiva de uma boa gestão dos recursos, análise de produtividade e melhoria continua dos processos, resultando na obtenção de mais-valia económica na operação global.

No caso de uma mina subterrânea, de forma a se rentabilizar os elevados custos operacionais, exploração de minério é realizada em diversas zonas, a diferentes profundidades, em diversas frentes de trabalho e a diferentes ritmos de produção de forma a o sistema mineiro ser o mais estável possível, entre capacidade de produção, capacidade de extração, alimentação à lavaria e produção de concentrado. Não obstante a estes pressupostos, é necessário ter em conta as características geomecânicas do jazigo são variáveis e que por si serão uma condicionante fundamental nos ritmos de produção, sempre tendo em vista o melhor aproveitamento do jazigo mineral bem como a segurança de todos os trabalhadores.

Posto isto, e tendo em vista que todos os trabalhos devem ser realizados com as melhores condições de segurança possíveis, a produtividade tem um carácter especial na análise de todo o sistema minério. Quanto maior for a produtividade, melhor se poderá classificar o desempenho do empreendimento, originando um maior benefício para empresa e dos trabalhadores.

Assente nisto, a análise dos ciclos de operações de produção um empreendimento é um instrumento fundamental para a avaliação do seu desempenho bem como para se retirar relações sobre quais os processos que devem ser sujeitos a maior análise de forma a serem otimizados, levando à continua melhoria do todos os processos.

1.1. Tema da Dissertação

Para a realização desta Dissertação, o tema escolhido recaiu sobre análise crítica de vários ciclos de operações em duas frentes distintas de uma mina subterrânea. Tal como já referenciado anteriormente, os ciclos de operações podem ser indicadores do nível de produtividade de uma exploração subterrânea, pelo que a importância do seu estudo está

intrinsecamente relacionada com uma perspectiva de melhoria dos processos e também na identificação de atividades unitárias que possam não estar a ser realizadas da forma mais indicada.

A análise dos ciclos nas diversas frentes de trabalho, por si só, traz inúmeras vantagens na análise das mesmas, permitindo desde logo tirar elações sobre quais são aquelas que apresentam maiores ritmos de exploração, quais as que são mais produtivas e que podem trazer maior benefício face aos seus custos operacionais. Devido à variância das características geotécnicas do jazigo ou jazigos a serem explorados, tipo de mineralização, quantidades de minério disponível, disponibilidade de equipamentos e trabalhadores e claro, de teor na própria frente, o retorno líquido destas será muito diferente, pelo que naquelas que em que o valor de retorno será maior, a produtividade nestas frentes deverá ser a maior possível de forma a poder compensar algumas falhas noutras frentes não tão rentáveis, de forma a que se possa equilibrar todo o sistema mineiro de forma a este ser o mais produtivo e rentável possível globalmente.

1.2. Importância do Tema

Quanto maior for a produtividade do ciclo de operações em estudo, comparando os valores de produção e os respetivos custos a ela inerentes, melhor será o rendimento e gestão dos recursos humanos e equipamentos o que trará mais-valia económica a todo o processo. Quanto melhor for este rendimento, menores serão os custos variáveis da operação, podendo-se contrabalançar frentes de trabalho menos proveitosas com as mais proveitosas de forma a minimizar custos operacionais excessivos, o que, no final, conduzirá necessariamente a um melhor aproveitamento do próprio jazigo mineral.

1.3. Objetivo Geral e Específicos

O objetivo geral desta Dissertação é a análise crítica de ciclos de operação de produção com vista, numa primeira fase a identificar atividades unitárias que apresentem algumas falhas, a correção destas, caso seja o caso e possível e posteriormente uma possível otimização global dos ciclos de produção. Embora para este estudo só sejam avaliadas duas frentes de trabalho, localizadas a profundidades diferentes da exploração subterrânea, é expectável que os resultados a serem recolhidos possam ser um espelho geral da produtividade alcançada de forma global nas mais diversas frentes de trabalho. A produção de minério numa mina subterrânea não é depende de apenas duas frentes de trabalho, mas sim de inúmeras, de forma

a se poder trabalhar em todas as vertentes da operação de forma continua e com o menor número de paragens possíveis, de forma a rentabilizar todas as operações, equipamentos e trabalhadores.

1.4. Metodologia Seguida

A metodologia de trabalho utilizada na realização desta Dissertação baseou-se na observação de duas frentes de trabalho, de forma continua em cada uma, separadas temporalmente de forma a se poderem ser observadas de forma continua, com o objetivo de obter a máxima quantidade de informação possível em cada um e para que o número de ciclos analisados em cada uma fosse igual, para uma melhor comparação entre ambas.

Desde logo temos que ressaltar que estas frentes, para além de observadas em espaços temporais diferentes, também tinham características diferentes, tais como profundidade, tipo de minério, o que desde logo levará uma diferenciação entre os dados obtidos.

A necessidade de observação das frentes de trabalho separadas temporalmente, recaiu sobre o fato de se pretender analisar todas as vertentes das frentes de trabalho, quer nesta estivessem a ocorrer operações, interrupções, outras atividades ou mesmo tempo mortos.

Para a recolha de dados foi elaborada uma folha de registo (Anexo 1) preparada para a aquisição de informação em períodos de 15 minutos, possibilitando assim analisar-se as 24 horas de cada dia, já que o trabalho nestas frentes era realizado em regime continuo. Foram estipulados quatro grupos, sendo estes: **Operações**, **Interrupções Gerais**, **Interrupções de Equipamento** e **Outras Atividades**.

No grupo de **Operações** poderemos encontrar todas as operações, normalmente incorporadas no Ciclo de Operações Subterrâneas de produção. No grupo de **Interrupções Gerais**, incorporam-se atividades que forçavam uma paragem nas operações de carácter geral, tal como será descrito mais abaixo. No grupo das **Interrupções de Equipamento**, incorporam-se potenciais fatores que pudessem provocar a interrupção do funcionamento dos diversos equipamentos disponíveis para a produção. Por fim, em **Outras Atividades**, incorporam-se atividades que não encaixariam nos grupos anteriores, mas que fazem parte do processo produtivo e, por vezes, com um peso significativo na análise global.

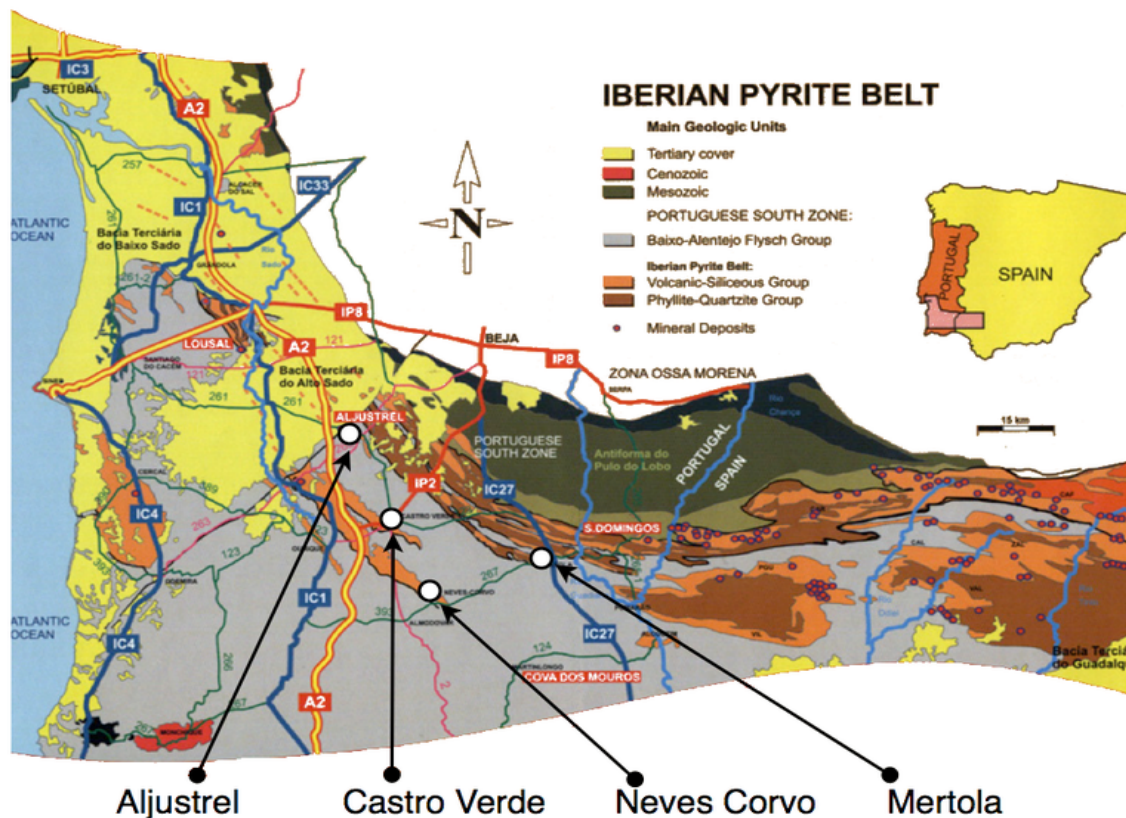
2. Enquadramento

A presente dissertação tem por base dados obtidos, aqui expostos com a devida autorização da empresa proprietária, na mina de Neves-Corvo, uma exploração subterrânea de jazigos sulfuretados polimetálicos de metais base.

A mina de Neves-Corvo é detida pela SOMINCOR S.A., uma subsidiária da Lundin Mining, que detém várias explorações de metais base. A exploração subterrânea é atualmente feita em cinco jazigos, Neves, Corvo, Graça, Zambujal e Lombador, estando mais dois corpos mineralizados comprovados, como são o caso da Semblana e de Monte Branco.

2.1. Geográfico

A mina de Neves-Corvo localiza-se em Santa Bárbara de Padrões, concelho de Castro Verde, distrito de Beja. Situa-se a cerca de 220km a sudeste de Lisboa e a cerca de 80km a norte de Faro. O acesso ao complexo mineiro é realizado através de uma boa rede rodoviário e comercialização dos concentrados produzidos é realizada pelo porto marítimo de Sines, sendo que estes são transportados do complexo mineiro até ao porto através de via férrea própria.



2.2. Geológico

O complexo mineiro está inserido na Faixa Piritosa Ibérica (FPI), um dos domínios constituintes da Zona Sul Portuguesa (ZSP). Este domínio é caracterizado com o sendo um jazigo VHMS (Volcanic-Hosted Massive Sulphide).

Segundo Ferreira (2000), na zona Sul Portuguesa, as rochas de idade Devónico superior são as mais antigas; apresenta um vulcanismo ácido e máfico muito importante de idade Tournisiano e Viseano inferior na parte NE da Faixa Piritosa, a que se segue o “Culm”. Seguindo para SW as séries são mais reduzidas, apresentando fácies de plataforma do Fameniano e Namuriano ao que se segue um “Flysch” Westfaliano

Relvas (2000), afirmou que a FPI é a província metalogénica de sulfuretos maciços mais rica do mundo com mais de 85 jazigos conhecidos. A dimensão, abundância e densidades dos depósitos fazem da região um caos singular de produtividade metalogénica (Oliveira *et al.*, 2006).

Rosa *et al.* (2008) referem que a FPI se distingue das mais diversas províncias de jazigos VHMS por incluir abundantes unidades sedimentares e poucas unidades vulcânicas para além da grande dimensão das suas massas mineralizadas.

Oliveira *et al.* (2014), o complexo Vulcano-Sedimentar é predominantemente constituído por vulcanitos félsicos e máficos, com pequena proporção de termos intermédios que aparecem intercalados numa sucessão terrígena variada com larga predominância de xistos escuros e silititos. Direta ou indiretamente relacionados com este vulcanismo ocorrem numerosos jazigos de sulfuretos maciços ricos em metais básicos, que fazem da FPI uma das principais províncias metalogénicas do mundo para este tipo de jazigos.

Segundo Costa (2017), as massas mineralizadas conhecidas até ao momento, ou seja, Graça, Corvo, Neves, Zambujal, Lombador, Semblana e Monte Branco possuem uma forma lenticular com sulfuretos maciços polimetálicos de mineralogia composta por pirite, calcopirite, esfalerite, galena, estanita, tennantite-tetraedrite, outros sulfossais e até óxidos, de onde se sobressai a cassiterite. Os minerais mencionados são apenas os principais constituintes da paragénese dos sulfuretos, já que esta revela uma composição complexa e muito variada. A paragénese mencionada é responsável pela procura nos elementos metálicos em Neves-Corvo, especialmente os principais como o Cu, Sn e Zn e os valorizantes (Pb e Ag), existindo ainda os elementos penalizantes como o As, Sb, Hg e Bi, e ainda outros elementos com potencial económico, como o In e o Se.

Os principais tipos de mineralização na mina de Neves-Corvo são: maciça, fissural.

A mineralização do tipo maciça constitui a maior parte do jazigo de Neves-Corvo. A mineralogia apresenta uma granulometria fina e é composta essencialmente por pirite, esfalerite, calcopirite e galena e, em zonas mais circunscritas da mina, a tennantite-tetraedrite e a bornite ocorrem em grande quantidade.

A mineralização do tipo fissural localiza-se, em alguns locais, abaixo dos sulfuretos maciços e é considerada como do tipo stockwork. Consiste numa rede anastomosada de filonetes de sulfuretos com ou sem ganga, hospedados numa matriz vulcânica ou de xistos negros. A pirite, a calcopirite, a esfalerite e a cassiterite são os minerais predominantes nos veios quando estes se tratam de sulfuretos.

Posto esta breve descrição da geologia da zona, é importante reter as diferenças entre os tipos de mineralização pois estes terão implicações no ciclo de produção da mina. Deste modo, é conveniente distinguir entre dois tipos de minério:

-
- **Minério MC:** designado por minério de cobre, apresenta teores em As < 5 000 p.p.m. Este baixo teor de As é indicador de um minério “limpo” de outros elementos penalizantes (Zn, Sb, Hg e Pb) cujo processamento conduz à produção de concentrados mais seletivos e recuperações mais elevadas;
 - **Minério MH:** engloba os minérios que apresentam teores de As > 5 000 p.p.m. Ao elevado teor de As está sempre associado a presença significativa de outros elementos penalizantes (Zn, Sb, Hg e Pb). O seu processamento é mais difícil, conduzindo a concentrados “menos limpos” em penalizantes, pelo que a produção de concentrados comercializáveis só é possível com recuperações mais baixas que as obtidas com o minério MC.

3. Método de Desmante

O método de desmante a empregar numa exploração subterrânea é de extrema importância e deve ser alvo de vários estudos de forma a se conseguir o melhor aproveitamento da massa mineral e o maior benefício económico face aos custos que cada um possa apresentar. Em muitos casos, no mesmo empreendimento são utilizados mais que um método de exploração de forma a rentabilizar a operação e de extração, maximizando a produção em conjunto com a diminuição de custos, aumentando assim os lucros e promovendo um bom aproveitamento das reservas do jazigo.

Devido à diversidade de formas, espessuras e comprimentos dos jazigos minerais, metalogénese, dureza do maciço, comportamento geomecânico, a exploração subterrânea dos mesmos pode ser categorizada em três grandes grupos: métodos suportados naturalmente, métodos suportados artificialmente e sem suporte (Ilustração 2). Dentro destes grupos, dividem-se os métodos de desmontes mais comuns.

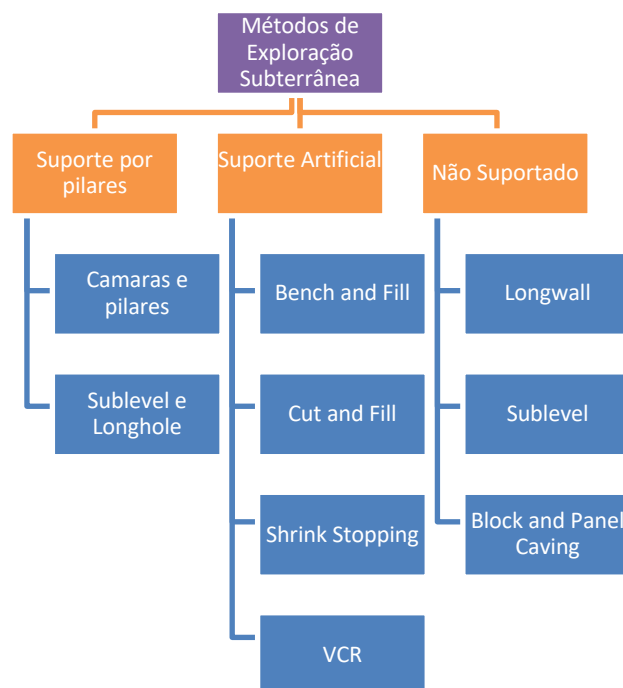


Ilustração 2 - Fluxograma dos diversos tipos de desmante

Nesta Dissertação, a análise dos ciclos de operações foi realizada no método de desmonte denominado por Drift and Fill. Este é um método de desmonte com suporte artificial, incorporando-se no genérico grupo dos métodos tipo Cut and Fill, que de acordo com a sua tradução literal significa, corte e enchimento, baseia-se na exploração do jazigo por cortes horizontais sucessivos, por níveis e em secções adjacentes, seguidos de enchimento das zonas exploradas recorrendo a várias técnicas.

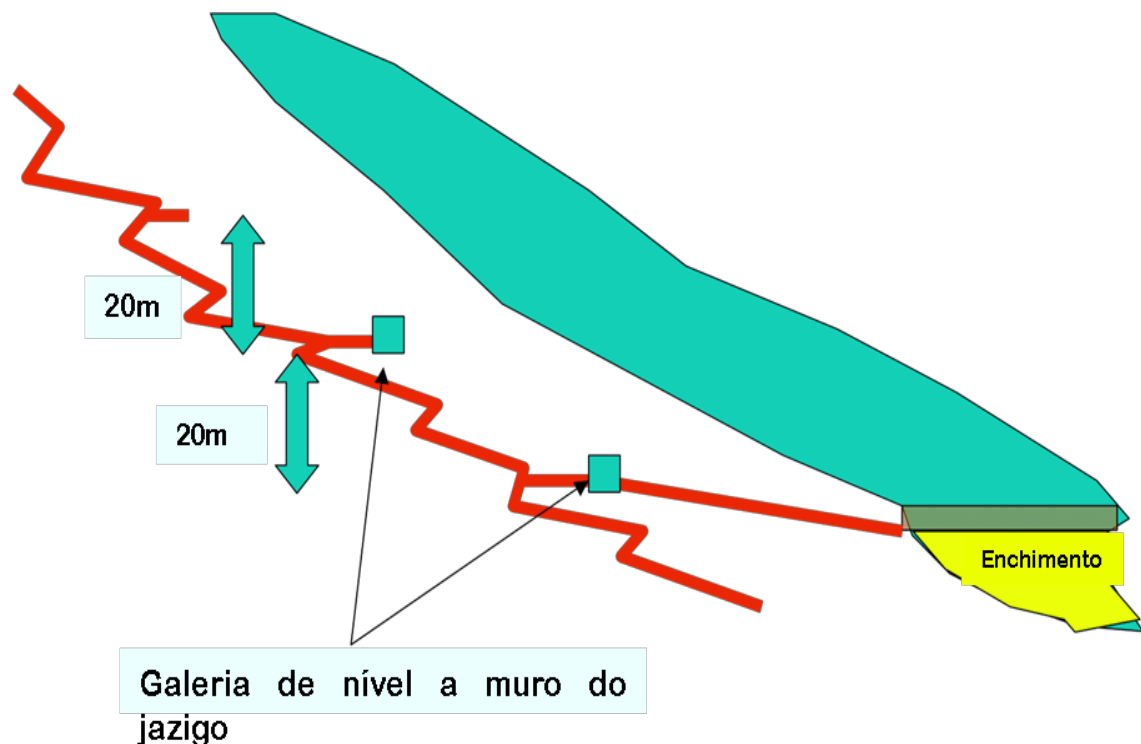


Ilustração 3 - Esquemática do desenvolvimento de acesso ao Jazigo

Este é um método de desmonte geralmente utilizado em corpos mineralizados com uma estrutura complexa, onde existe uma grande inclinação do mesmo, permitindo assim uma boa recuperação do recurso, uma vez que apresenta uma boa seletividade no que toca as zonas a serem exploradas. Para a utilização deste método, o jazigo é dividido por níveis, que por sua vez são divididos em painéis e estes subdivididos em várias frentes, sempre dependendo da espessura e estrutura do jazigo na zona a ser explorada. Sempre que, dentro do mesmo painel, o jazigo não apresente características geomecânicas muito fracas, que forcem o seu enchimento, estas podem ser exploradas em simultâneo, procedendo-se ao seu enchimento quando acabar a produção no painel.

O acesso à massa mineralizada é feito por uma rampa principal paralela à mesma, sendo depois desenvolvidas galerias de acesso ao minério, de muro para teto, espaçadas de 20 em 20

metros. (Ilustração 3). Por norma, as galerias de acesso ao minério têm uma dimensão de 5 metros de altura por 5 metros de largura. Cada acesso da rampa principal ao jazigo, dará acesso a quatro níveis de exploração, dois abaixo do nível de acesso ao minério, um ao nível da entrada e um nível superior ao acesso a muro do jazigo (Ilustração 4).

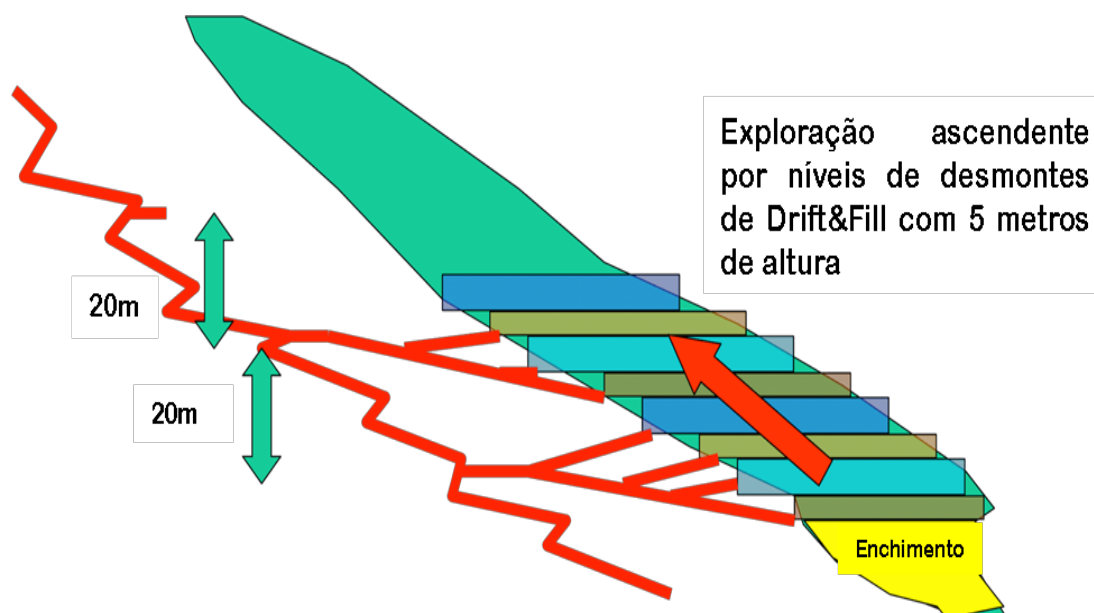


Ilustração 4 - Esquemática da Sequência de Exploração por Níveis

Uma vez desenvolvidos os níveis de produção, os painéis são configurados de acordo com as características do jazigo, sendo que estas dependeram da orientação e da quantidade de falhas presentes no maciço.

Por norma, galeria principal de acesso ao minério é dividida em acessos aos painéis. São nestes acessos que vamos encontrar as chaminés de ventilação, que poderão ser de exaustão ou de admissão, dependendo do esquema de ventilação global da mina e onde também se encontram chaminés de minério, com acesso direto ao nível em que se encontrará a britagem, caso esta configuração seja possível. No caso de não ser possível haver uma ligação direta ao nível da britagem, é necessário que nestas galerias principais de acesso aos painéis, sejam construídas umas estruturas para seja armazenado minério proveniente do painel de produção. De salientar que esta estrutura, deve estar no acesso principal de forma a servir todos os níveis de produção e não ser perdido quando se proceder ao enchimento do nível.

Na Ilustração 5, podemos verificar a configuração tipo de cada um dos níveis de exploração. Após abertura dos níveis, a primeira fase na sequência de exploração é a desenvolvimento até ao jazigo.

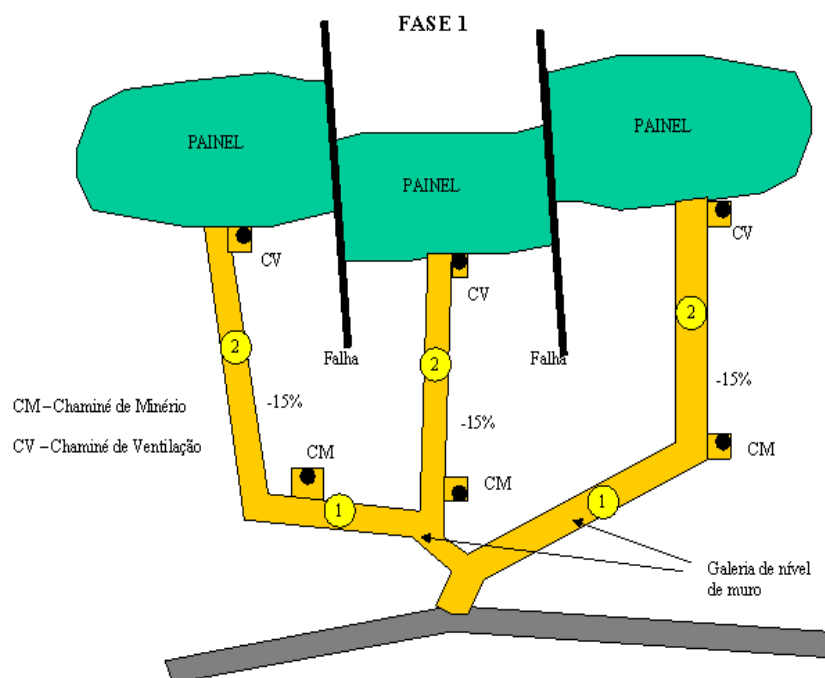


Ilustração 5 - Representação, em planta, do desenvolvimento de um nível de exploração (Fase 1)

Após entrada no minério, a segunda fase de desmonte, é a exploração é realizada até ao teto do jazigo. Devido à variabilidade nas dimensões do jazigo, esta fase é importante, pois para além de já realizar produção de minério, serve também para confirmar ou determinar a espessura do jazigo para este nível, de forma a se realizar um melhor planeamento de toda a sequência de desmonte (Ilustração 6).

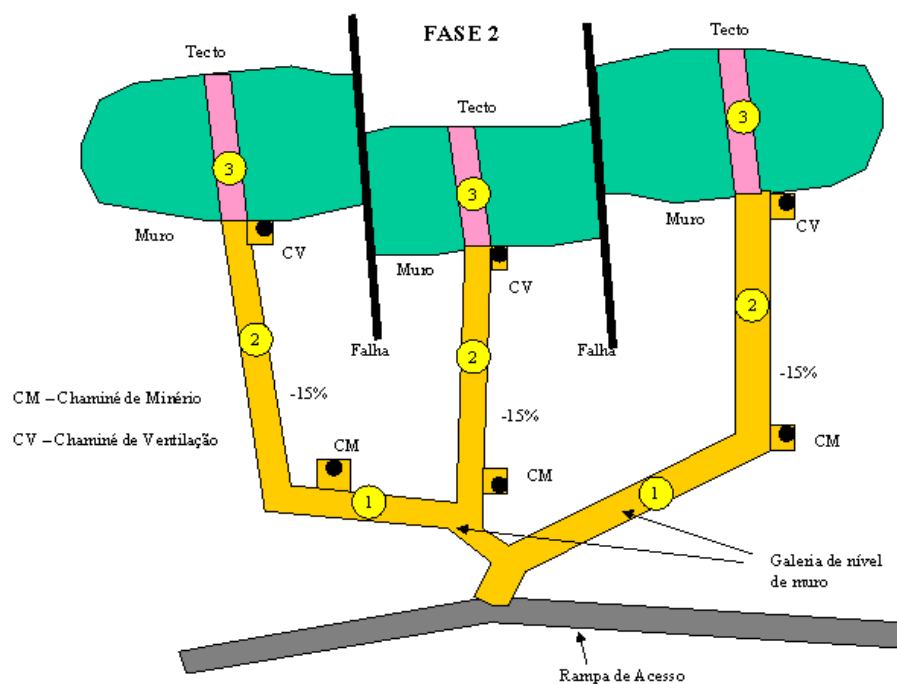


Ilustração 6 - Representação, em planta, do início de desmonte dos painéis num nível (Fase 2)

Estas duas primeiras fases serão simultâneas, independentemente das características geotécnicas do jazigo. Porém, a sequência de desmonte a partir deste momento dependerá das mesmas. De forma genérica, pode-se afirmar que uma vez chegado ao teto do jazigo, a exploração dar-se-á com aberturas laterais para ambos os lados (Fase 3), de forma a otimizar a produção e gestão dos recursos disponíveis. Na Ilustração 7, podemos verificar as diversas fases de exploração. Assim que explore todo o recurso, nas primeiras frentes de trabalho, estas são sucedidas de enchimento das mesmas. Após o término deste processo, pode-se explorar novas frentes junto às recentemente exploradas. O processo é repetido quantas vezes a espessura do minério o permita. Quando se explorar todo o nível, procede-se então ao enchimento final deste nível e conseqüente realce para novo nível.

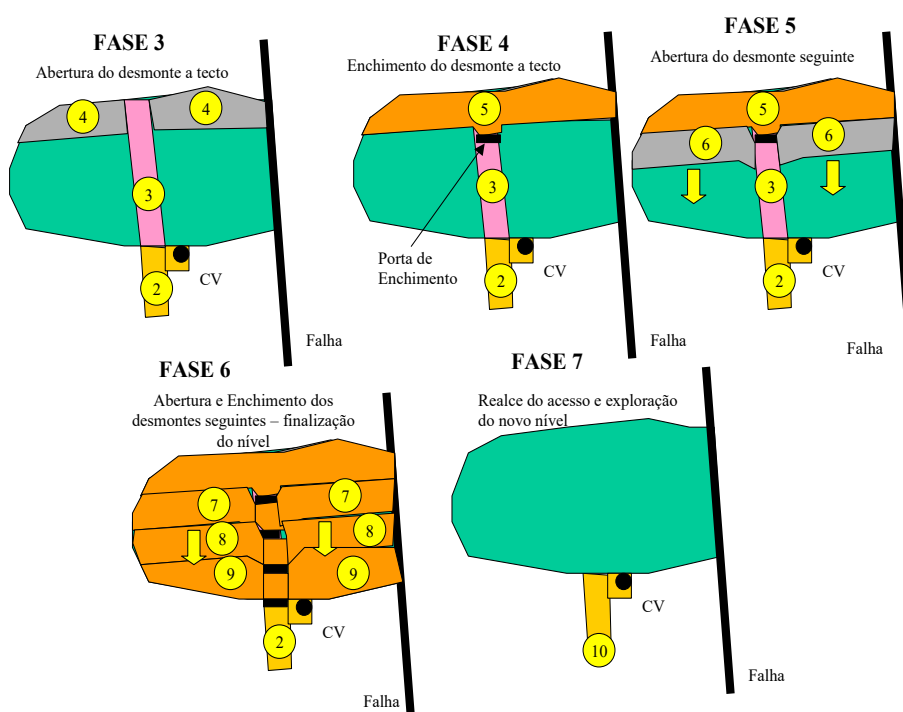
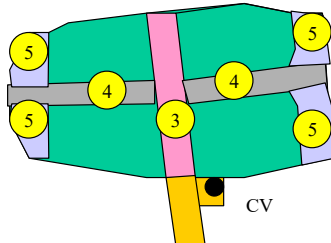


Ilustração 7 - Representação, em planta, das fases seguintes de exploração de um painel

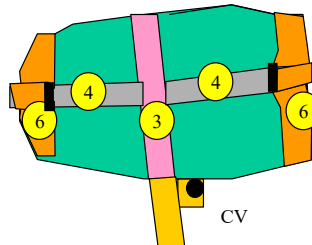
Em alternativa à sequência descrita anteriormente, se as características locais do maciço permitirem, após a conclusão da Fase 2 (determinação da posição de teto do jazigo), pode-se proceder à abertura de duas galerias longitudinais à posição média da espessura (Ilustração 8). Comparativamente, esta forma de desmonte é mais produtiva que a anteriormente apresentada uma vez que em vez de duas frentes de trabalho para o mesmo painel, pode-se desmontar, simultaneamente, quatro frentes de trabalho. Em termos de produtividade, representa um acréscimo significativo, uma vez que as deslocamentos de recursos para os locais serão otimizados,

uma vez que poderão executar a mesma tarefa em frentes sucessivas, com uma deslocamento espacial mínima.

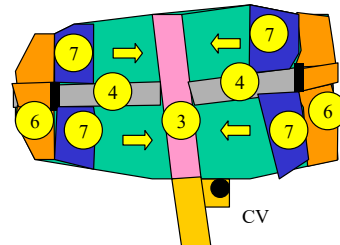
FASE 3 — Abertura de galerias longitudinais no minério até extremidade do painel e abertura de desmontes transversais nesse limite



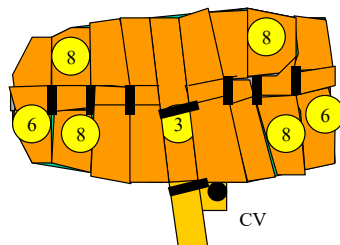
FASE 4 — Enchimento desses desmontes



FASE 5 — Abertura e enchimento de desmontes transversais em retirada



FASE 6 — Desmonte do nível finalizado e cheio



FASE 7 — Realce do acesso para o nível superior.

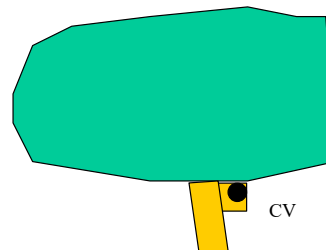


Ilustração 8 - Representação, em planta, da sequência alternativa de desmonte de um painel

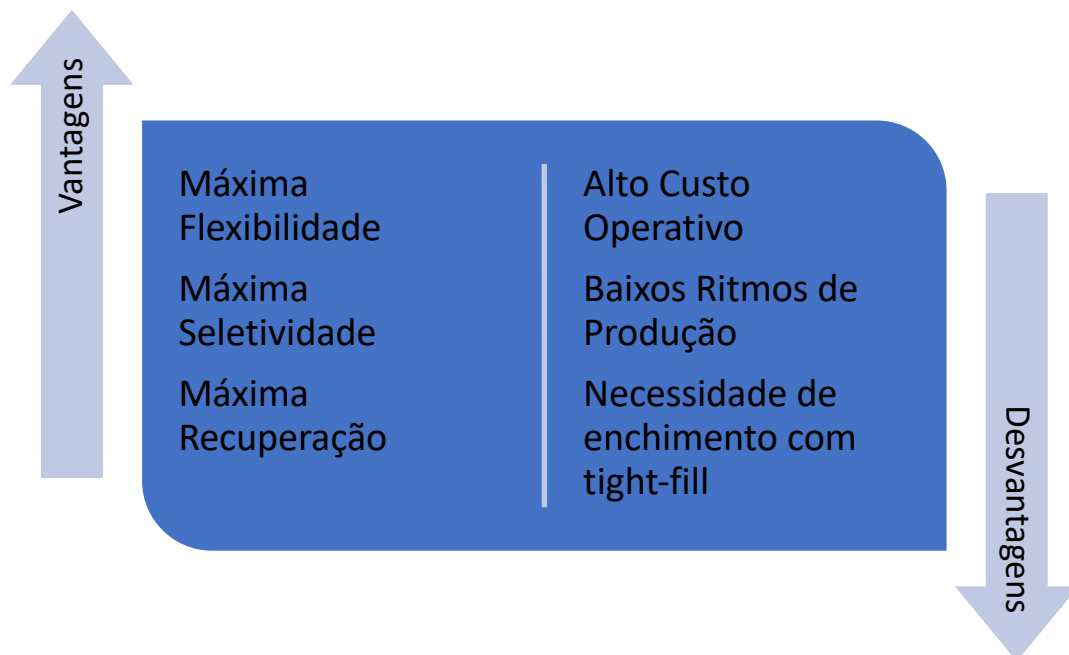


Ilustração 9 - Vantagens e Desvantagens da utilização de D&F

Em jeito de resumo relativamente a este método de exploração, a Ilustração 9 apresenta as vantagens e desvantagens de utilização do método de D&F. Se por um lado, com o que foi descrito em cima, nos permite uma boa seletividade das zonas a serem exploradas do jazigo, por outro, apresenta um baixo ritmo de produção. Toda a flexibilidade para uma máxima recuperação do minério, vão apresentar altos custos operativos. E dado que a exploração por este método se baseia em níveis, exige um enchimento com *tight-fill* (numa tradução livre, enchimento à justa). Esta necessidade de enchimento à justa assenta na necessidade de não deixar espaços livres nos níveis inferiores para que nos níveis consequentes, não surjam potenciais situações que ponham em causa a segurança de todos os intervenientes.

4. Ciclo de Operações

4.1. Teórico

O início de qualquer desmonte de rocha começa, após a decapagem e remoção de solo residual, com a perfuração da rocha sã. A atividade unitária seguinte, trata-se do carregamento com explosivo, caso o desmonte de rocha ocorra deste modo. Após a detonação, é necessário proceder à remoção do material libertado e logo de seguida, é necessário remover os pedaços de rocha que ficaram fraturados, mas que não foram libertos a quando da detonação. Logo de seguida, procede-se a um novo ciclo de trabalho.

O exemplo acima descrito, é um ciclo genérico e abrangente de desmonte de rocha. Num ambiente subterrâneo, como o caso de uma exploração mineira, há que considerar mais algumas operações unitárias para o ciclo produtivo genérico. A libertação de gases a quando da detonação da rocha, implica a que haja necessidade de ventilar o ambiente em questão, com a admissão de ar fresco, para que se reúnam boas condições atmosféricas para a continuação dos trabalhos. Outra atividade necessária incorporar no ciclo genérico é o Saneamento. Esta atividade é incorporada após a remoção do material resultante do disparo, de forma a fazer libertar a rocha que ficou fraturada mas não solta a quando da detonação. Esta atividade tem por base, voltar a expor rocha sã na frente de trabalho. Uma vez que o método de desmonte utilizado na análise aqui realizada é de D&F, ou seja, um método de exploração com suporte artificial, é necessário que, através de métodos artificiais, seja aplicado um sustimento extra para garantir a estabilidade do terreno e dar continuidade às operações com todas as condições de segurança. Chega-se então, à última atividade genérica do ciclo produtivo, o Sustimento. Após a conclusão desta operação unitária, inicia-se um novo ciclo produtivo, com a perfuração da frente.

Na Ilustração 10, pode-se verificar por intermédio de fluxograma, o que acima foi descrito. Este ciclo teórico de operações unitárias, tanto é válido para desenvolvimento de galerias como para produção de minério.

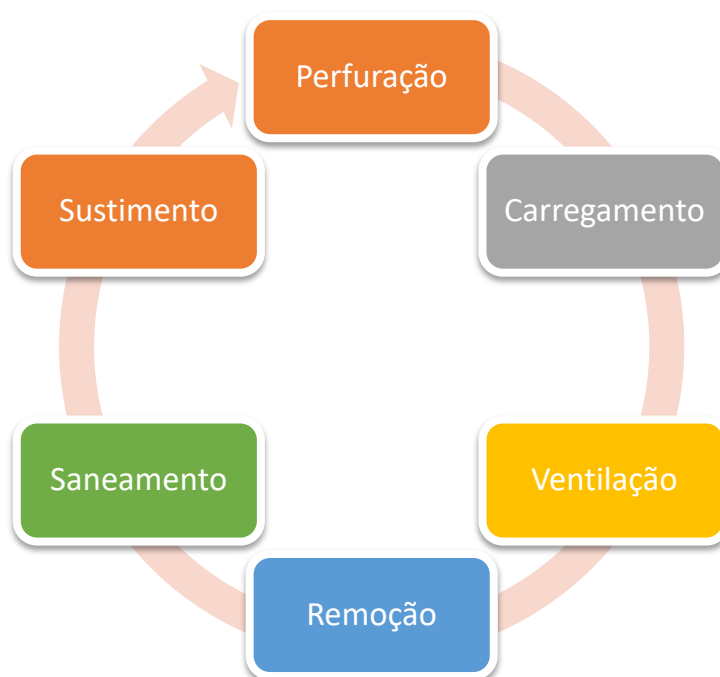


Ilustração 10 - Ciclo de Operações genérico

4.2. Observado

Na realidade operacional e, em comparação com o ciclo teórico, é necessário incorporar mais operações unitárias. Para além das operações principais, consideradas no ciclo teórico, há que ter em atenção que existem atividades derivadas que têm igualmente a sua importância no ciclo global. Uma das atividades que é necessário incorporar, é a operação unitária de **Raspagem**. Genericamente, esta operação visa, essencialmente, a remoção de pequenas quantidades de material da frente de trabalho após operações que aplicassem uma quantidade significativa de vibrações no terreno, levando à queda de material que já se encontrava fraturado. Para além da remoção de material, algum do qual, com dimensões consideráveis visa também, o melhoramento das condições da pista de forma a que a operação se possa realizar nas melhores condições possíveis de forma a se obter uma maior produtividade. Esta operação unitária deve ser incluída no ciclo a seguir às operações de Saneamento e de Sustimento, que devido às suas características, provocam a queda de material. De igual modo, deve-se incorporar a **Raspagem** a seguir à atividade de **Perfuração** contudo, aqui só acontecerá quando as características do terreno sejam tão más que as vibrações aplicadas pela **Perfuração** façam com que exista queda de demasiado material que impossibilite a execução do **Carregamento** em boas condições de segurança. Para esta última situação, a atividade deve ser considerada uma derivada enquanto que nas anteriores deverá ser considerada uma atividade principal. Outra operação unitária que deve ser incluída no ciclo, é a **Rega**. Esta

operação consiste na rega da pilha de material resultante da detonação, antes **Remoção** de forma a minimizar o levantamento de poeiras. Esta atividade deverá ser considerada como principal se quem executa a tarefa não for o operador que executará a **Remoção** e deverá ser considerada derivada se a sua realização for pelo mesmo operador e imediatamente antes do início da **Remoção**.

Foi com base em operações que influenciem diretamente o ciclo produtivo que foram criados os agrupamentos de atividades unitárias descritas no ponto da metodologia. Focando no grupo das **Operações**, o que mais interessa nesta análise, pode-se ver que existem mais algumas atividades que são incorporadas e que têm toda a sua lógica ali se encontrarem. Fala-se por exemplo das **Infraestruturas** e também **Manga de Ventilação**. Quando as frentes desenvolvidas e com a fase de produção em andamento, o comprimento das galerias vai aumentando de ciclo para ciclo, consoante o avanço por cada pega. Com isto em mente, salta logo à ideia a necessidade e obrigatoriedade de se realizar o avanço das mangas de ventilação para que se faça uma admissão de ar fresco às frentes de trabalho adequado e apropriada. Mas não só a ventilação é essencial ao bom desempenho. Para uma boa produtividade é necessário que se faça chegar às frentes de trabalho, também energia e água, assim como criar uma rede de esgoto suficiente para que todos os trabalhos possam ser realizados em segurança e de forma a proporcionar as melhores condições possíveis para que estes sejam os mais produtivos possíveis. Estas operações, tal como a **Raspagem**, podem ser consideradas principais ou derivadas, dependendo do momento do ciclo em que se inserem. Por norma, estas operações unitárias deveriam ser incorporadas a seguir à operação de **Sustimento**, uma vez que só após o término desta é que a galeria apresenta todas as condições de segurança necessárias para que se possam trabalhar mesmo na frente da galeria. Contudo, como são operações que são frequentemente realizadas de forma a que as infraestruturas estejam atualizadas, podem ser incorporadas como uma atividade derivada da operação de **Carregamento**, para se tirar partido do tipo de máquina que se utiliza nesta função.

Tendo em conta o que foi referenciado a cima, e incorporando as atividades principais e as suas derivadas, chega-se à Ilustração 11, onde se pretende que com esta representação do ciclo produtivo seja o mais representativo da realidade operacional.



Ilustração 11 - Ciclo de Operações e suas atividades derivadas

4.3. Descrição das Atividades

Neste ponto, irão ser descritivas as atividades que foram incorporadas nos quatro grupos de operações, tal como referidos na metodologia de trabalho. No primeiro grupo de atividades, as **Operações**, temos:

- **Saneamento:** Atividade que consiste em fazer cair todo e qualquer bloco da frente de trabalho que apresente alguma instabilidade, após a detonação da mesma, de forma a deixar a frente apenas com rocha sã à mostra. De forma sucinta, podemos descrever o ciclo de operação do saneamento com a chegada do equipamento à frente de trabalho, seguida de uma inspeção por parte do trabalhador da frente e do trabalho que terá que realizar. De seguida, segue-se o início do saneamento da frente de trabalho. No meio do processo de saneamento, poderá surgir a necessidade de parar a operação para que se possa proceder ao abastecimento de água, de forma a mitigar a criação de poeiras proveniente da operação. No final, o operador procede a uma inspeção final para verificar se existe mais alguma zona que necessite de ser saneada. Caso não exista, esta operação dá-se por findada.



Ilustração 12 - Fluxograma da Atividade de Saneamento



Ilustração 13 - Exemplo de um Scaler
(Fonte: www.komatsu.com)

- **Sustimento:** Atividade que consiste no reforço artificial no suporte da galeria de forma a que se reúnam boas condições de segurança para a continuação dos trabalhos. Esta operação inicia-se com a chegada do equipamento à frente de trabalho, seguida da instalação do mesmo, à eletricidade e a água. De seguida, o operador procede a uma inspeção da frente para verificar onde deve reforçar o sustimento. Inicialmente nesta atividade, procede-se a perfuração da rocha para depois se instalar o tipo de sustimento

necessário para reforçar a estabilidade da galeria. Para o caso em estudo, o sustimento aplicado era por intermédio de parafusos expansivos, comumente designados por Swellex. A máquina só tem capacidade para determinado número de parafusos, pelo que é necessário ter em atenção que é necessário recarregar a cassette de swellex. No final, o operador deverá proceder à análise da frente de trabalho de forma a perceber se haverá necessidade de aplicação de mais parafusos;

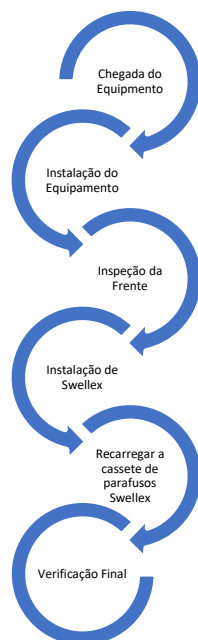


Ilustração 14 - Fluxograma da Atividade do Sustimento



Ilustração 15 - Exemplo de um Jumbo de Sustimento (Fonte: www.sandvik.com)

- **Marcação Frente:** É uma atividade derivada da perfuração mas que é essencial à boa execução da mesma. Consiste na marcação do diagrama de fogo que deverá ser realizado. Esta atividade pode ser considerada principal, caso seja realizada por um operador que não aquele que vá realizar a perfuração, ou uma atividade derivada da perfuração caso seja realizada, pelo operador que vai realizar a perfuração;
- **Perfuração:** Atividade de realizar furos na rocha com um certo diâmetro e profundidade, num determinado esquema (diagrama de fogo) de forma a se desmontar minério. No mínimo dois tipos de furos são realizados, podendo-se considerar que uns serão criados para serem carregados com explosivo e outros serão realizados para se criar um vazio na rocha de forma a se poder obter um maior rendimento da perfuração, quer em termos da granulometria resultante quer no avanço da frente de trabalho.



Ilustração 16 - Fluxograma da Atividade de Perfuração



Ilustração 17 - Exemplo de um Jumbo de Perfuração (Fonte: www.epiroc.com)

- Carregamento Frente: Atividade de inserção de explosivo nos furos realizados pela perfuração de forma para se proceder à detonação da frente de trabalho. Esta operação inicia-se com a chegada do equipamento à frente de trabalho, seguido da sua instalação. Após o equipamento estar instalado, procede-se ao pedido de explosivo ao paiol. Logo depois, inicia-se a limpeza dos furos realizados, enquanto se espera pela entrega dos detonadores. Após a chegada destes, realiza-se a distribuição dos mesmo, com base no diagrama de fogo.



Ilustração 18 - Fluxograma da Atividade de Carregamento da Frente



Ilustração 19 - Exemplo de uma Plataforma de Carregamento (www.normet.com)

- Remoção Frente: Atividade de remoção do material desmontado resultante da detonação, quer para stock intermédio, quer para chaminés de minério com ligação à britagem.

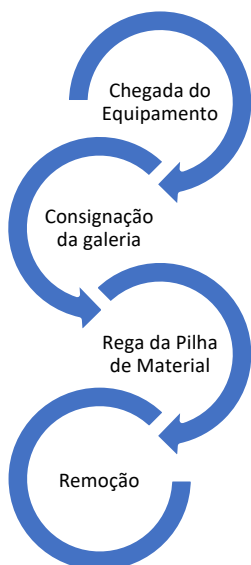


Ilustração 20 - Fluxograma da atividade de Remoção



Ilustração 21 - Exemplo de uma Pá Carregadora (Fonte: www.sandvik.com)

- Raspagem: Atividade de remoção de pequenas quantidades de material resultantes de certas operações ou compor a pista da frente de forma a ficar em melhores condições. Esta operação também é realizada com uma pá carregadora;

-
- Infraestruturas: Atividade de colocação ou avanço de infraestruturas como tubagem de água, esgoto, serviços elétricos ou cabo de rede de rádio;
 - Manga Ventilação: Colocação, avanço ou reparo da manga de ventilação da frente de trabalho. Esta operação é realizada com um equipamento semelhante ao utilizado no carregamento;
 - Serviços Elétricos: Atividade de colocação ou avanço de quadros elétricos e tubagem dos mesmos, realizado por parte do Serviços Elétricos;
 - Regar Frente: Atividade de rega da pilha de material após detonação para que se minimize a produção de poeiras na atividade de remoção;
 - Betão Projetado: Atividade de projeção de betão, quando as condições do terreno assim o exigiam, de forma a reforçar o sustimento artificial aplicado.

No agrupamento das **Interrupções Gerais** foram incorporadas as seguintes operações unitárias. Tal como o nome do grupo indica, estas interrupções são do tipo gerais e que não estão ligadas à operação que estivesse a decorrer na frente de trabalho.

- Falta Água: Paragem forçada por parte dos equipamentos pois não possuem pressão suficiente ou pela perda total de água para execução dos trabalhos;
- Falta Energia: Paragem forçada dos equipamentos por falta de energia de alimentação aos mesmos;
- Falta Stock: Paragem da operação de remoção da frente de trabalho devido à falta de local para colocar minério em ponto intermédio ou por chaminés de minério cheias;
- Topografia: Paragem dos trabalhos devido à necessidade de execução de trabalhos por parte dos topógrafos, quer para marcações de informação essencial ou para levantamento da frente de trabalho;
- Supervisão: Paragem nos trabalhos por parte do supervisor para inspeção da frente de trabalho ou para transmissão de nova informação ao operador;
- Ventilação: Interdição de entrada da frente de trabalho devido à necessidade de ventilar a mesma por não estarem reunidas as condições mínimas atmosféricas necessárias para a realização dos trabalhos em segurança.

No terceiro grupo de atividades, as **Interrupções Equipamento**, são paragens forçadas do ciclo produtivo por paragens dos equipamentos ou por falta deste. Neste sentido, foram analisadas as seguintes atividades:

- Avaria Elétrica: Paragem forçada do equipamento por falha no sistema elétrico do mesmo que impossibilitasse a continuação do mesmo;

-
- Falha Mecânica: Paragem forçada do equipamento por avaria mecânica que impossibilitasse a continuação do trabalho;
 - Bombagem: Paragem forçada de determinada operação unitária devido à necessidade de bombagem de água, devido à sua acumulação durante a execução do mesmo;
 - Falta Equipamento: Paragem no ciclo produtivo devido à falta de equipamento na frente de trabalho para dar continuação ao mesmo;
 - Falta Operador: Paragem forçada no ciclo produtivo devido à falta de operador para o equipamento que se encontrava na frente de trabalho.

Por fim, o último de grupo de atividades analisadas, as **Outras Atividades**, incorporaram-se as seguintes operações:

- Frente Carregada: Tempo em que a frente fica sem atividade devido a já se encontrar carregada e em espera pelo disparo;
- Espera Carregamento: Tempo de espera pela entrega do material explosivo, quando na frente de trabalho já se encontram os operadores com o equipamento;
- Passagem Turno: Início de todos os turnos, onde é realizado o ponto da situação e onde é passada a informação sobre quais as tarefas a serem executadas para o turno que está a iniciar;
- Tempo Transporte: Tempo de deslocação desde a superfície até à frente de trabalho;
- Espera Transporte: Tempo de espera por transporte, desde que termina a passagem de turno, até ao início do transporte dos trabalhadores desde a superfície até ao local até à frente de trabalho;
- Bucha: Paragem das atividades para refeição ligeira dos operadores;
- Cura Betão Projetado: Paragem forçada de atividades na frente de trabalho, após operação de Betão Projetado para cura do mesmo;
- Paragem Disparo: Paragem de todas e qualquer atividade no fundo de mina para se proceder à detonação das frentes carregadas. Esta atividade ocorre em todos os finais de turno;
- Outras Atividades: Toda e qualquer outra atividade que ocorresse e que não se enquadrasse nas atividades anteriormente mencionadas.

5. Recolha de dados

Para a recolha de dados foi realizada com base na folha criada para o propósito (Anexo 1), tendo em conta os agrupamentos acima mencionados, sendo que os tempos foram recolhidos em intervalos de tempo de 15 minutos. As frentes foram acompanhadas em contínuo, isto é, 24 horas por dia, divididas em três turnos de 8 Horas.

Todos os turnos se iniciaram com a atividade **‘Passagem de Turno’** onde é transmitida a informação aos trabalhadores de quais são as atividades em que cada um irá operar inicialmente e se haverá lugar ao seu possível encaminhamento para outra atividade. Antes da passagem de informação aos trabalhadores, ocorre a passagem de informação de supervisores, onde se reporta a informação do que foi realizado no turno anterior, bem como se faz o ponto de situação das frentes de trabalho e respetivas máquinas. De seguida, inicia-se o a contabilização do **‘Tempo de Transporte’**, que comporta o intervalo de tempo desde o término da passagem de turno até à chegada a frente de trabalho. Sempre que por alguma razão, esta sequência não foi cumprida, quer tenha sido por razões logísticas (**‘Espera Transporte’**) ou por outra razão (por vezes **‘Outras Atividades’**), estas “esperas” também foram contabilizadas. Independentemente de qual a operação que estava em curso, ou que se iria iniciar, este era o ponto de partida de todos os turnos. Por seu lado, no final do turno, também temos sempre uma componente de **‘Tempo de Transporte’** e de **‘Paragem de Disparo’**, altura em que nenhum operador poderia estar no interior da mina, de forma se proceder aos disparos de forma segura.

No conjunto das duas frentes de trabalho, e para a análise de dados, foram compiladas informações de 896 horas de trabalho, o que permitiu realizar uma comparação de um número de ciclos igual para as duas frentes de trabalho. Este valor de horas observadas, corresponde a 112 turnos, repartidos pelas duas frentes de trabalho. No total, são dados relativos a 37 dias de trabalho.

5.1. Frente 1

Na sequência da Tabela 1 a Tabela 5, estão representados os valores dos números de ocorrências obtidos durante os ciclos, das atividades individuais observadas, sendo que o na Tabela 5 estão resumidos os valores totais consoante **Operações, Interrupções Gerais, Interrupções Equipamento e Outras Atividades**.

Nesta frente de trabalho, foram observadas um total de 519 horas de trabalho, equivalentes a 65 turnos de trabalho, perfazendo um total 22 dias de recolha de dados.

Para esta frente é importante referir que era uma frente de minério classificado como MC, correspondendo a uma frente com mineralização do tipo fissural, comumente denominada de *stockwork*. Deste tipo de minério, é de esperar que os tempos de perfuração sejam inferiores aos da mineralização do tipo maciço, devido à sua inferior dureza. Por outro lado, e devido às características menos competentes do terreno, é de esperar que os tempos de saneamento e sustimento sejam superior devido à maior fracturação do terreno após os disparos e por consequente, maior necessidade de aplicar sustimento para que todo o trabalho seja realizado em segurança. É também expectável, que ao fim de alguns ciclos de trabalho, seja necessária aplicação de betão projetado de forma a reforçar o suporte artificial da frente de trabalho. Da análise da Tabela 5, podemos verificar que esta operação ocorreu nos ciclos quatro e oito, podendo se tirar uma elação que ao final cada três ciclos de operação, é necessário incorporar esta operação unitária.



Ilustração 22 - Fissural de cobre da Frente 1

Na Tabela 1, pode-se verificar o registo das horas relativas ao grupo das **Operações** para todos os ciclos. Logo aqui podemos verificar que em termos de média do tempo gasto no conjunto destas atividades unitárias, foi de 25 Horas por ciclo de operação.

Tabela 1 - Registo de Horas por Operação na Frente 1

Operações: \ Ciclo nº:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
Saneamento	4	4	7	8	3	8	2	6	1	5
Sustimento	6	3	3	7	6	3	4	3	9	5
Marcação Frente	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Perfuração	3	5	5	6	4	8	5	2	5	5
Carregamento Frente	1	1	2	3	1	2	2	1	1	2
Remoção Frente	2	5	2	4	2	1	3	3	2	2
Raspagem	3	1	5	7	1	5	4	1	1	3
Infraestruturas	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
Manga Ventilação	0	2	1	1	0	1	0	0	0	1
Serviços Elétricos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Regar Frente	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Betão Projetado	0	0	0	11	0	0	0	11	0	2
Total	19	23	26	48	17	29	22	26	18	

Após breve análise, verifica-se que temos que, em média, as operações de **Perfuração**, **Sustimento** e **Saneamento**, apresentam os mesmo valores, algo que poderá indicar algum foco a mais nas atividades de **Sustimento** e **Saneamento**. Logo de seguida, a atividade que aparece com mais tempo de horas, em média, é a operação de **Raspagem**. Apesar disto, a atividade que registou mais tempo de trabalho, porém apenas em dois ciclos de operação, foi a atividade de **Betão Projetado**.

Relativamente às **Interrupções Gerais**, Tabela 2, a média registada para este grupo de atividades foi de 2 horas por ciclo. A principal atividade unitária neste grupo foi a necessidade de recorrer aos serviços da **Topografia**, que se verificou em quase todos os ciclos.

Tabela 2 - Registo de Horas de Interrupções Gerais por Ciclo na Frente 1

Ciclo n°: Interrupções Gerais:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
Falta Água	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Falta Energia	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Falta Stock	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Topografia	1	2	1	2	3	3	0	0	3	2
Supervisão	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Ventilação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1	3	2	2	3	3	1	1	4	

Por outro lado, as **Interrupções Equipamento**, Tabela 3, já representam uma maior percentagem na globalidade dos ciclos. Com uma média de interrupções de 9 horas por ciclo, a grande atividade responsável por este valor foi a **Falta de Equipamento**, presente em todos os ciclos e na sua maioria, com uma expressão significativa, correspondendo em média a 7 horas.

Tabela 3 - Registo de Horas de Interrupções do Equipamento por Ciclo na Frente 1

Ciclo n°: Interrupções Equipamento:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
Avaria Elétrica	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
Falha Mecânica	0	0	3	8	4	2	1	2	3	2
Bombagem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falta Equipamento	6	10	2	13	6	3	2	14	3	7
Falta Operador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	7	10	5	21	11	5	3	16	7	

Na Tabela 4, estão representados os registos referentes ao grupo das **Outras Atividades**. Neste grupo, a média situou-se nas 21 horas, com o grande responsável a ser o **Tempo de Transporte**, seguido de a **Paragem de Disparo**. Estas duas operações estão intimamente ligadas ao número de turnos em que o ciclo se conclui, sendo que quanto mais turnos demorar, maior será o registo destas duas atividades. Assim sendo, tendo em conta que foram registadas várias horas de **Falta de Equipamento** em todos os turnos, estes dois valores estão afetados por esta

atividade. Será de esperar que, se as **Interrupções Gerais** e de **Equipamento** foram menores, e mantendo o mesmo ritmo de em termos de **Operações**, estes dois valores sejam reduzidos.

Tabela 4 - Registo de Horas de Outras Atividades na Frente 1

Ciclo n°:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
Outras Atividades:										
Frente Carregada	1	4	3	3	1	2	2	0	0	2
Espera Carregamento	2	3	1	0	0	1	0	0	0	1
Passagem Turno	2	3	2	4	2	2	1	3	2	2
Tempo Transporte	8	11	8	18	8	8	6	12	8	10
Espera Transporte	2	1	3	5	1	2	2	2	2	2
Bucha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cura Betão Projetado	0	0	0	2	0	0	0	3	0	1
Paragem Disparo	3	4	4	7	3	5	3	6	3	4
Outras Atividades	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Total	18	25	21	39	15	20	14	25	14	

Realizando a apreciação global dos diferentes grupos, surge a Tabela 5. A média de tempo dos ciclos foi de 58 horas. No entanto, há que fazer referencia que seis dos nove ciclos analisados se encontra abaixo da média registada, valor algo inflacionado pela exceção à tendência registada que foi o 4º ciclo de operação, onde o tempo registado foi de quase o dobro da média. Este valor deveu-se sobretudo à quantidade de horas registadas no grupo das Interrupções Equipamento, onde este grupo foi responsável por cerca de 20% do tempo total (Anexo 5).

Tabela 5 - Registo Global das diferentes Atividades na Frente 1

Ciclo n°:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
Operações	19	23	26	48	17	29	22	26	18	25
Interrupções Gerais	1	3	2	2	3	3	1	1	4	2
Interrupções Equipamento	7	10	5	21	11	5	3	16	7	9
Outras Atividades	18	25	21	39	15	20	14	25	14	21
Total	45	61	54	109	45	56	40	67	43	

5.2. Frente 2

Na sequência de Tabela 6 a Tabela 10 estão representados os valores dos números de ocorrências obtidos durante a observação da Frente 2. Na Tabela 10 estão representados os valores totais sobre as operações, interrupções gerais, interrupções de equipamento e outras atividades observadas nesta frente de trabalho.

Nesta frente de trabalho, foram observadas 377 horas, equivalentes a 47 turnos de trabalho perfazendo um total de 16 dias de análise.

Em contraste com a Frente 1, esta frente de trabalho inseria-se na mineralização do tipo maciça, MH, sendo que numa primeira abordagem se poderá esperar tempos de perfuração superiores aos das frentes em MC, devido à maior dureza do terreno. Por outra lado, e em contraste, em termos de saneamento e a sustimento, os tempos de operação deverão ser menores devido à maior competência do terreno e há de não existir, à partida, tanta necessidade de saneamento para expor a rocha sã e em termos de sustimento, pois uma vez que as características geomecânicas o possam permitir, existe uma menor necessidade de aplicação de sustimento artificial.

Desde logo, por uma breve análise dos dados de operações recolhidos e expostos na Tabela 6, verifica-se que em nenhum dos ciclos existiu a operação de Betão Projetado, o que por um lado evidencia e maior competência do terreno como faz com que a globalidade dos ciclos de operação seja inferior.



Ilustração 23 - Frente em maciço de cobre (Frente 2)

Na Tabela 6, encontra-se os dados registados para o grupo de atividades das **Operações**. Na **Frente 2**, em média foram despendidas 16 horas em atividades, sendo que a mais representativa foi a perfuração. Nesta frente, tal como era esperado, verificou-se uma diminuição no tempo com **Saneamento** e **Sustimento**, justificado pela maior competência do terreno. Desde modo, também é de esperar que a necessidade de **Raspagem** seja inferior, algo que se também se verifica. Importa também referir, que ao longo dos nove ciclos analisados, em nenhum deles foi necessário recorrer ao reforço do sustimento artificial com recurso a **Betão Projetado**.

Tabela 6 - Registo de Horas de Operações na Frente 2

Ciclo nº:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
Atividades:										
Saneamento	2	2	2	2	4	3	2	4	3	3
Sustimento	4	3	2	2	3	3	3	3	5	3
Marcação Frente	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0
Perfuração	5	5	5	5	5	4	4	4	3	4
Carregamento Frente	1	1	1	2	1	3	2	1	3	2
Remoção Frente	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2
Raspagem	1	1	2	0	1	1	1	1	2	1
Infraestruturas	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Manga Ventilação	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
Serviços Elétricos	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1
Regar Frente	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0
Betão Projetado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	18	16	14	16	18	15	14	19	17	

Relativamente às **Interrupções Gerais**, Tabela 7, a média foi de 2 horas, sendo que nesta frente a maior ocorrência foi a **Falta de Água**, não obstante da necessidade de recorrer aos serviços da **Topografia**.

Tabela 7 - Registo de Horas das Interrupções Gerais na Frente 2

Ciclo n°: Interrupções Gerais:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
Falta Água	3	2	0	1	2	0	0	0	0	1
Falta Energia	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Falta Stock	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Topografia	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
Supervisão	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
Ventilação	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Total	7	3	1	3	4	1	1	1	2	

No que toca às **Interrupções de Equipamento**, Tabela 8, existe novamente um grande peso por parte da **Falta de Equipamento**, que correspondeu a cerca de 79% do tempo gasto neste grupo, equivalente a 58 horas das 73 horas totais deste grupo. Mais uma vez, em todos os ciclos, em algum momento existiu falta de equipamento para a continuação das tarefas nesta frente de trabalho. A média, essa situou-se em cerca de 8 horas por ciclo de produção.

Tabela 8 - Registo de Horas das Interrupções de Equipamento na Frente 2

Ciclo n°: Interrupções Equipamento:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
Avaria Elétrica	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Falha Mecânica	6	4	0	1	3	0	0	1	0	2
Bombagem	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Falta Equipamento	5	2	2	6	7	4	20	6	8	6
Falta Operador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	11	6	2	7	10	4	20	7	8	

Relativamente ao registo das **Outras Atividades**, na Tabela 9, podemos verificar que a atividade unitária mais representada deste grupo foi o **Tempo de Transporte**, com uma média de 8 horas por ciclo de trabalho. Tendo em conta que a média global deste grupo foi de 21 horas por ciclo, esta operação unitária representa cerca de 46% deste grupo. Com um **Tempo de Transporte** tão significativo para este grupo, é de esperar que uma das atividades com mais horas seja a **Paragem de Disparo**. Este pressuposto verifica-se, à semelhança do que havia sido

registrado na **Frente 1**, sendo que para esta frente, em média, por ciclo, existiram 3 horas de paragem de disparo

Tabela 9 - Registo de Horas das Outras Atividades na Frente 2

Ciclo n°:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
Outras Atividades:										
Frente Carregada	0	1	0	3	3	1	1	1	1	1
Espera Carregamento	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0
Passagem Turno	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1
Tempo Transporte	10	7	5	8	10	8	7	7	7	8
Espera Transporte	1	0	0	1	1	0	1	1	2	1
Bucha	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Cura Betão Projetado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paragem Disparo	4	2	3	3	4	3	4	4	3	3
Outras Atividades	0	0	0	0	0	5	0	1	2	1
Total	17	10	10	15	20	18	15	15	17	

Na Tabela 10 pode-se verificar o aglomerado dos quatro de grupos de atividades analisados para a **Frente 2**. Em média, para esta frente, o tempo de ciclo foi de 42 horas de trabalho. Pode-se também verificar que o ciclo mais demoroso foi o primeiro ciclo e o mais rápido o terceiro ciclo, com 52 e 26 horas respetivamente. No terceiro ciclo, analisando aos valores aqui registados, verifica-se facilmente que este registo se deve em muito à pequena quantidade de horas despendidas em **Interrupções**, que por si leva a que o tempo gasto com **Outras Atividades** também seja dos menores registados.

Tabela 10 - Registo Global das Horas das diferentes Atividades da Frente 2

Ciclo n°:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
Operações	18	16	14	16	18	15	14	19	17	16
Interrupções Gerais	7	3	1	3	4	1	1	1	2	2
Interrupções Equipamento	11	6	2	7	10	4	20	7	8	8
Outras Atividades	17	10	10	15	20	18	15	15	17	15
Total	52	34	26	40	51	39	50	42	44	

6. Análise dos Ciclos de Operação

Para o tratamento dos dados obtidos, foram realizados gráficos circulares e de barras de forma a se poder obter agrupar os dados e desta forma se obterem algumas conclusões. Seguindo este paradigma, a apresentação dos mesmos nesta secção será realizada consoante a sua maior valia para a mesma, e os restantes serão apresentados nos Anexos.

6.1. Frente 1

Do Anexo 2 ao Anexo 10, pode-se encontrar o e os gráficos resultantes da análise realizada aos dados da Frente 1.

Relativamente ao 1º Ciclo de Operação (Anexo 2), este ficou concluído num total de 45 horas de trabalho. Da análise do mesmo, verificou-se que o tempo de **Operações** e de **Outras Atividades**, foi muito semelhante, correspondendo a 19 e 18 horas de trabalho, traduzindo-se em 42% e 40% do tempo respetivamente. Dentro do grupo das **Operações**, o Sustimento e o Saneamento, são responsáveis por cerca de metade de todo o tempo empreendido, com aproximadamente 6 e 4 horas. Em terceiro lugar e, em conjunto com a atividade de Raspagem, surge a Perfuração. Este número de horas elevado de Raspagem, pode-se entender pela necessidade de remoção de material durante as atividades de Saneamento e de Sustimento, que devido à sua extensão, necessitaram que fossem criadas, intermedicamente, as condições básicas de segurança para a execução dos mesmos trabalhos. Durante este ciclo, importa fazer referência ao elevado número de horas por **Falta Equipamento**, aproximadamente 7. Isto traduz-se em cerca de 15% de **Interrupções de Equipamento**.

No 2º Ciclo de Operação (Anexo 3), verificamos um aumento do número total de horas para 61, cerca de 8 turnos de trabalho. Do total de horas trabalhadas, cerca de 38% foram em **Outras Atividades** e 41% em **Operações** os restantes 21% em interrupções, com saliência para as **Interrupções Gerais**. Neste ciclo, é importante salientar que das 25 horas de trabalho na categoria das **Outras Atividades**, cerca de 11 horas foram em **Tempo de Transporte**. Este significativo número, relaciona-se com o fato de o ciclo ter ficado completo num maior número de turnos, o que implica um maior número de deslocações e por consequência disso, um maior número de horas nesta tarefa. Este aspeto fica cada vez mais evidente ao longo da análise global dos ciclos de operação.

No 3º Ciclo de Operação (Anexo 4) houve um decréscimo no tempo total despendido, tendo este chegado a aproximadamente 54 horas de trabalho. A contribuir para este decréscimo, está

o fato de existir uma redução nas **Interrupções**. Paralelamente a isto, temos também a redução de horas despendidas em **Outras Atividades** e um ligeiro aumento no tempo empreendido em **Operações**. Este aumento deve-se sobretudo aos tempos de **Saneamento** e de **Raspagem**, duas atividades que se correlacionam entre si. Em suma, despendeu-se 47% do tempo em **Operações**, 39% em **Outras Atividades** e os restantes 13% em **Interrupções**.

No 4º Ciclo (Anexo 5) deu-se um aumento para a mais do dobro do tempo do ciclo anterior. Este realizou-se num total de 109 horas de trabalho. Isso corresponde a cerca de 14 turnos de trabalho. Devido a este elevado número de turnos, é de esperar que exista uma quantidade de horas elevadas em **Tempo de Transporte**, **Paragem de Disparo** e **Passagem de Turno**, algo que se verifica, uma vez que a estas atividades registaram 18, 7 e 4 horas, respetivamente. Por outro lado, e como já referido, neste ciclo, ocorreu pela primeira vez a aplicação de **Betão Projetado** e por consequência, a **Cura de Betão Projetado**. Estas duas atividades acumularam cerca de 13 horas de trabalho. Este número de horas é igual ao tempo de **Falta de Equipamento**, algo que contribui significativamente para o aumento global do ciclo. Apesar disto, o tempo em **Operações** foi equivalente a 44%, sendo que as **Interrupções de Equipamento** totalizaram 19% e as **Outras Atividades**, 35%.

No 5º Ciclo (Anexo 6), em semelhança ao 1º Ciclo, foi realizado em 45 horas. Apesar deste valor, apenas 37% foi empregue em **Operações**, o que poderá indicar que neste ciclo, o tempo despendido neste grupo de atividades, terá sido dos menores registados. Por outro lado, continua-se com um significativo valor de **Interrupções de Equipamento**, representando cerca de 25% do tempo global deste ciclo.

No 6º Ciclo (Anexo 7), registou-se um aumento no tempo global para 56 horas. Comparativamente ao anterior, que havia sido um dos melhores ciclos, verificou-se um aumento para quase o dobro do tempo de **Saneamento**, que por sua vez, fez aumentar também o registo no tempo de **Raspagem**. Curiosamente, neste ciclo, o tempo de **Saneamento**, foi igual ao tempo de **Perfuração** que, por seu lado, tendo em conta os dados da Tabela 1, apresenta-se como o valor mais alto de todos os ciclos analisados. Uma vez que os dois grupos de **Interrupções**, apenas representam, cerca de 13% da globalidade do ciclo, e devido às horas despendidas em **Operações**, este grupo totalizou cerca de 51% do ciclo.

No 7º Ciclo (Anexo 8), como se pode verificar pela Tabela 5 apresenta-se como o menor ciclo de operação, com 40% de trabalho. Interessa analisar um pouco mais aprofundadamente este ciclo. Desde logo, verifica-se que a operação unitária de **Saneamento** é das menores. É também importante referir que é neste ciclo que encontramos o menor **Tempo de Transporte**, cerca de 6 horas, o que influencia muito o fato de as **Outras Atividades**, se apresentarem com 36% do tempo total. Em termos de **Interrupções**, estas ficaram-se pelos 10% do tempo total do ciclo.

No 8º Ciclo (Anexo 9), dá-se novamente um aumento significativo no tempo do ciclo. Mais uma vez, e tal como se verificou no 4º ciclo, houve necessidade de reforçar o sustimento

artificial da galeria com recurso à operação de **Betão Projetado**. A duração desta operação foi igual à registada no 4º ciclo, contudo houve mais uma hora de cura, totalizando 3. Com aumento do número de turnos trabalhados, é expectável um aumento no registo de horas em certas operações unitárias como o **Tempo de Transporte**, **Passagem de Turno** e **Passagem de Turno**. Porém há que ter em atenção que foram gastas 14 horas de trabalho com **Falta de Equipamento**, o que leva a que o grupo das **Operações** seja responsável por apenas 38% do tempo total, as **Interrupções** se registam em 23% e **Outras Atividades** em 37%.

No 9º Ciclo (Anexo 10), verifica-se um novo declínio significativo no tempo global de operação, para um dos melhores registos, cerca de 43 horas de trabalho, um dos mais baixos registados. Neste ciclo, completo em 5 turnos, verifica-se que as **Outras Atividades** representam cerca de 33% do Ciclo e as **Operações** 43%, sendo que os restantes, divididos entre **Interrupções Equipamento** com 16% e **Interrupções Gerais** 8%. Neste ciclo, importa referir que se verificou o menor tempo despendido em **Saneamento** e o maior em **Sustimento**, porém a operação de **Raspagem**, foi registada apenas com uma hora de trabalho, equivalente ao menor tempo registado até então. Importa referir este aspeto, pois até então, sempre que as operações unitárias de **Saneamento** e **Sustimento**, apresentavam valores significativos, estes também se refletiam na atividade de **Raspagem**, algo que não aconteceu neste ciclo.

De seguida, da Ilustração 24 à Ilustração 34, pode-se verificar a disposição por intermédio de gráfico de barras a totalização de cada atividade dentro do seu grupo, os seus desvios e o acumulado registado de todos os ciclos para a Frente 1.

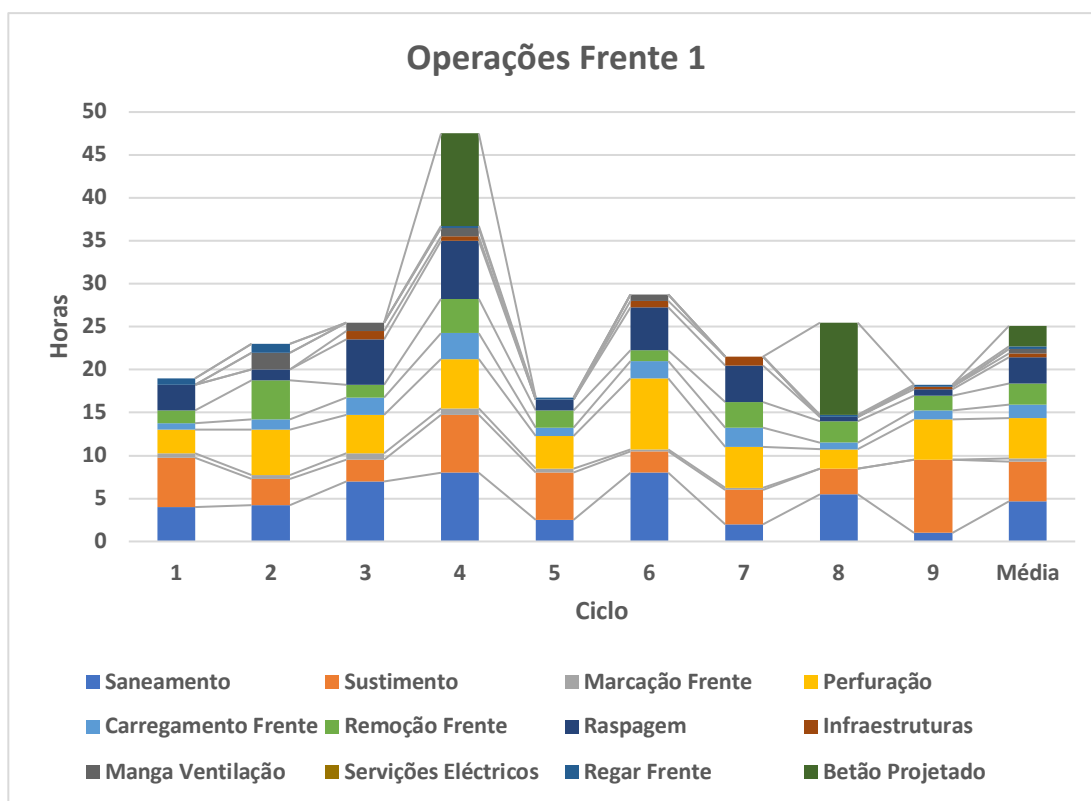


Ilustração 24 - Representação das Operações da Frente 1, por Hora, por Ciclo.

Da Ilustração 24, pode-se verificar que existe uma oscilação na duração das **Operações** de ciclo para ciclo. Este é um padrão que se vai poder verificar para os restantes grupos de atividades. O tempo médio de **Operações** situou-se nas 25 horas, tendo variado, no seu valor máximo até cerca de 48 horas e o mínimo em 17. Na Ilustração 25 está representado os desvios do grupo, tendo em conta os valores mínimos e máximos de cada operação unitária deste grupo. Assim sendo, se todas as atividades, se ficassem pelo valor mínimo registado, o valor seria de 8 horas e o máximo situar-se-ia nas 55 horas. Contudo é necessário ter em atenção que nem todas a operações unitárias ocorreram em todos os ciclos e dessa forma, estes desvios estão inflacionados com esse fator, não sendo correspondentes à realidade. Apesar disto, pode-se retirar a indicação que existe uma grande variedade no tempo gasto em cada operação, algo que pode ser explicado por diversos fatores como, por exemplo, a utilização de diferentes máquinas, diferentes condições de trabalho e diferentes operadores.

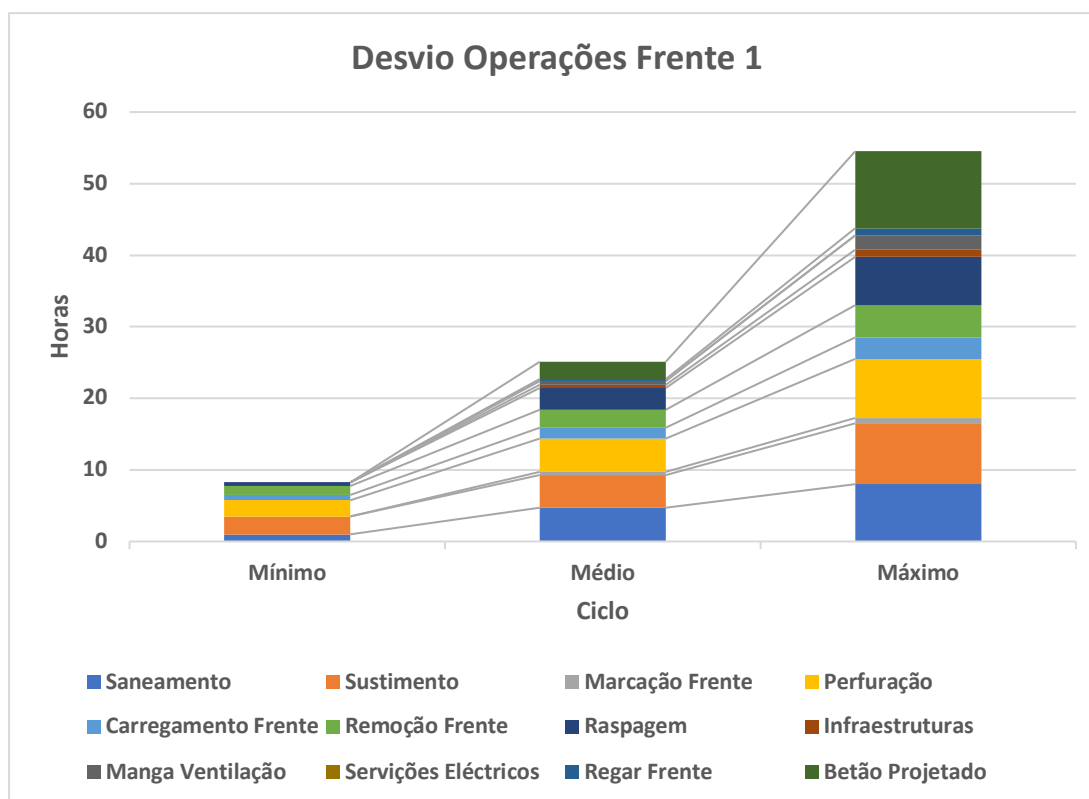


Ilustração 25 - Desvios, por Horas, das Operações na Frente 1.

Na Ilustração 26, pode-se analisar a variação das **Interrupções Gerais**, do mesmo modo que se acabou de analisar as **Operações**. Desde logo retira-se que o maior contribuinte para as interrupções deste grupo, prende-se com o fato da necessidade de marcação topográfica. Neste grupo, também se verifica uma oscilação ao longo dos ciclos, porém nos ciclos 2 a 6, esta não foi muito significativa, tendo sido neste conjunto algo semelhante. Relativamente aos desvios deste grupo, será de esperar que em termos dos seus desvios, o valor mínimo será igual a zero, ou seja, não ocorre qualquer tipo de interrupções e no seu desvio máximo, sejam acumulados os valores máximos de todas as operações unitárias que se registaram. Tal é visível na Ilustração 27, onde como valor médio de interrupções se situou nas 2 horas.

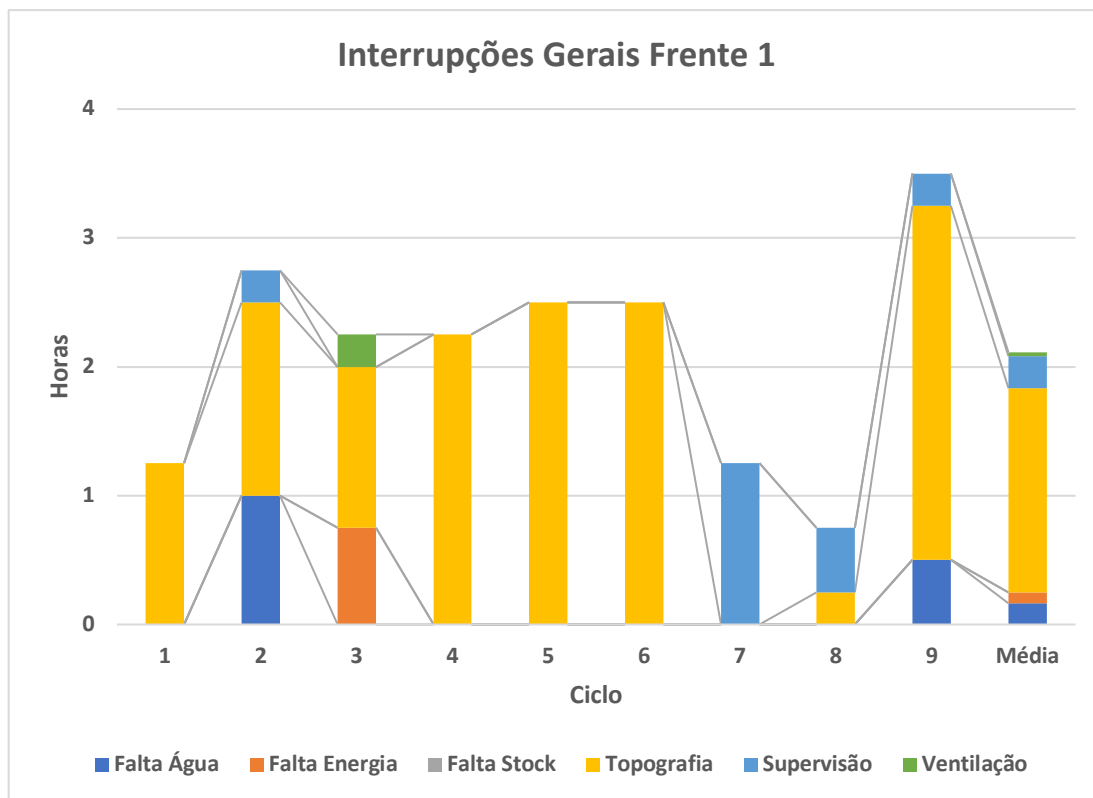


Ilustração 26 - Representação das Interrupções Gerais na Frente 1, por Hora, por Ciclo.

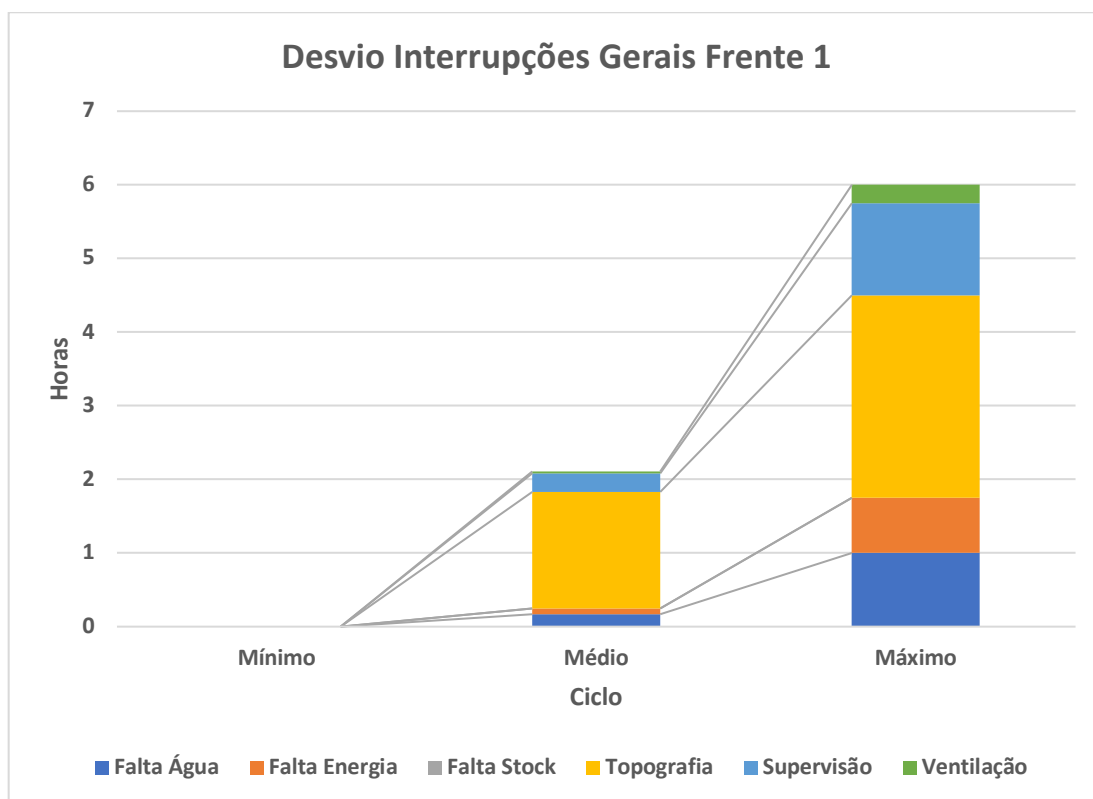


Ilustração 27 - Desvios, por Hora, das Interrupções Gerais na Frente 1.

Passando para a análise do terceiro grupo de operações, as **Interrupções Equipamento** que, na Ilustração 28 retira-se que uma operação unitária é recorrente em todos os ciclos, chegando mesmo a ser algo significativa em alguns dos ciclos, tais como o 4º e 8º. Esta interrupção é a **Falta de Equipamento**. Em média, por ciclo, existiu uma interrupção de equipamento cerca de 9 horas, algo que deverá a ser analisado com mais detalhe de forma a se compreender ocorrência continua deste grupo de atividades e que, deverá ser melhorado de forma a otimizar a produtividade. Uma vez que é uma atividade recorrente em todos os ciclos, é de esperar que o valor mínimo seja equivalente ao valor mínimo registado, sendo este de aproximadamente 3 horas, e o valor máximo de 23 horas.

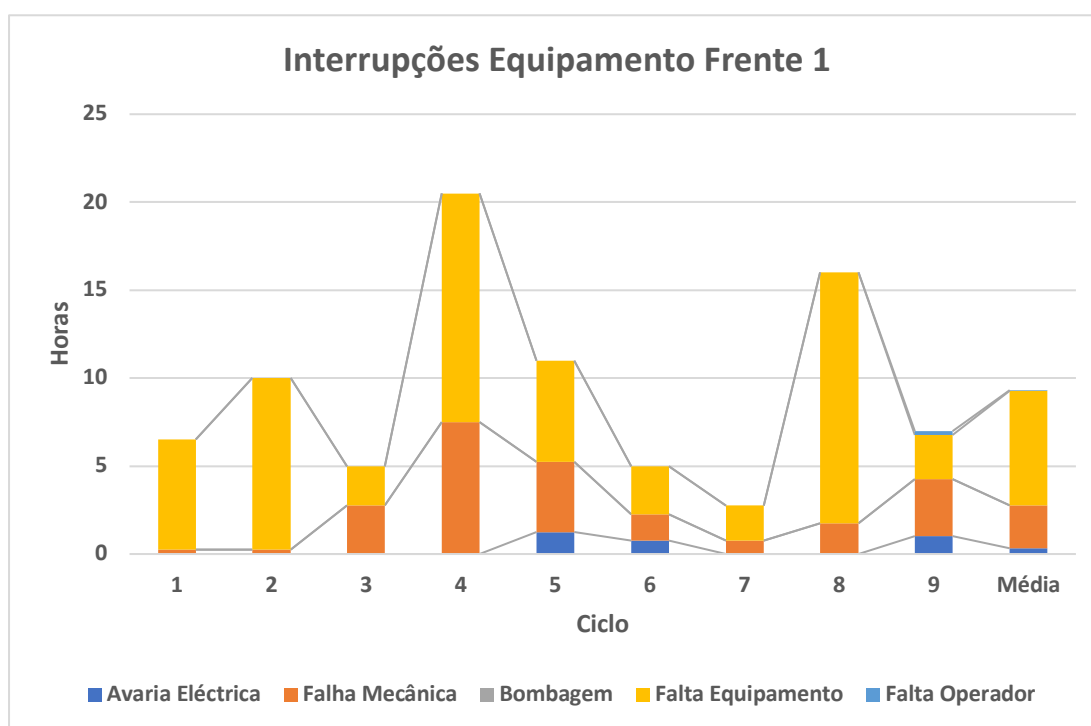


Ilustração 28 - Representação das Interrupções de Equipamento na Frente 1, por Hora, por Ciclo.

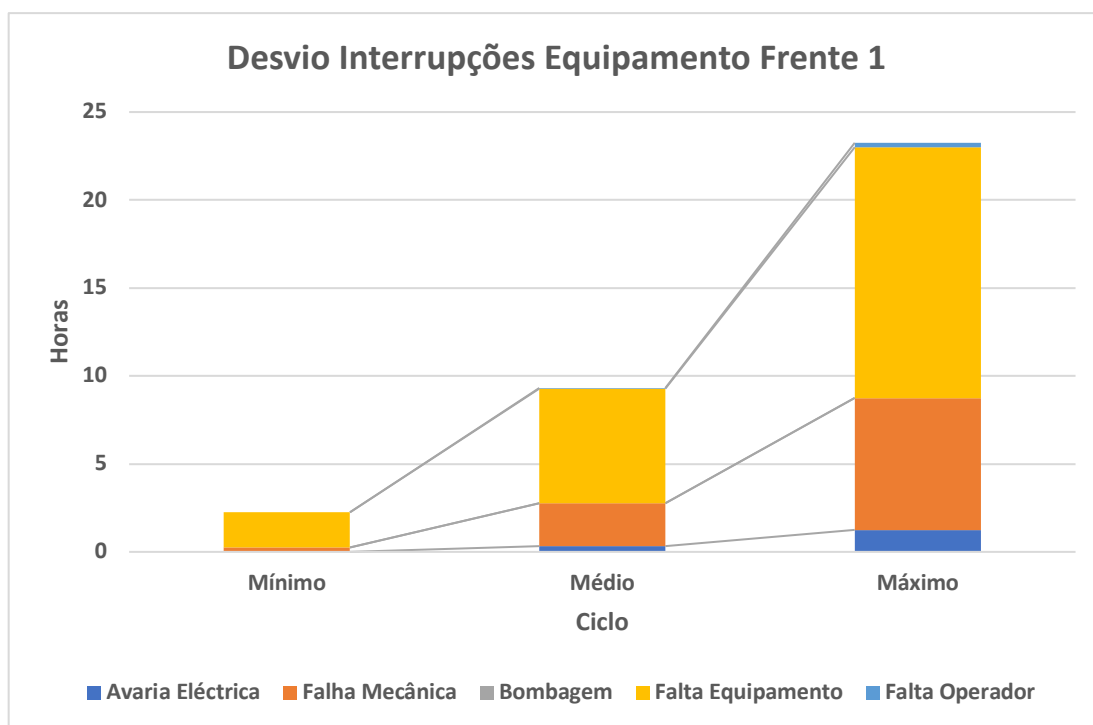


Ilustração 29 - Desvios, por Hora, das Interrupções de Equipamento na Frente 1.

Analisando a Ilustração 30 e tendo em conta o já referido relativamente ao grupo das **Outras Atividades**, a operação unitária com mais peso neste grupo foi o **Tempo de Transporte**. Esta operação está diretamente ligada com o número de turnos trabalhados, uma vez que é uma operação que ocorre em todos os turnos de trabalho, independente dos trabalhos que estejam a ocorrer na frente. A cada turno, existiram sempre duas fases de **Tempo de Transporte**, quer no início, quer no final do turno. Através da Ilustração 31, verifica-se que o valor médio deste grupo foi de 21 horas, sendo que o ser valor mínimo poderia ser de 12 horas e em contraste, o máximo de 44.

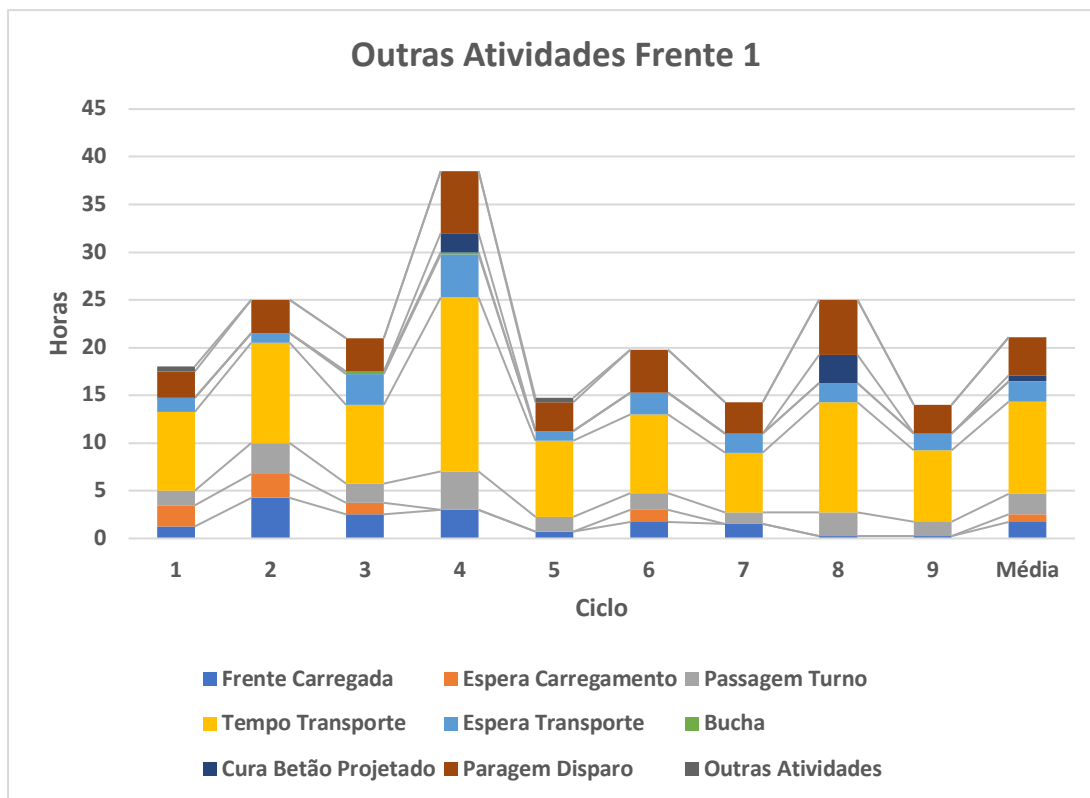


Ilustração 30 - Representação das Outras Atividades na Frente 1, por Hora, por Ciclo.

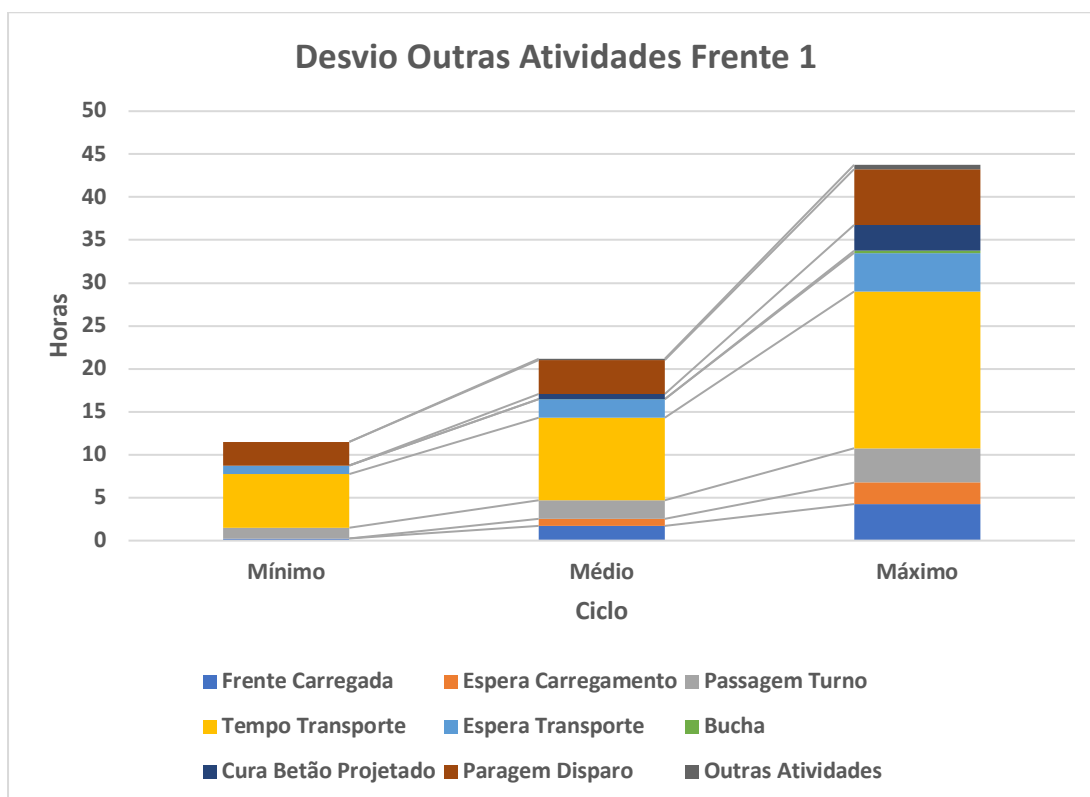


Ilustração 31 - Desvio, por Hora, das Outras Atividades na Frente 1.

Após esta análise dos grupos de atividades da Frente 1, há que realizar a análise global do mesmo. Da Ilustração 32 pode-se verificar a distribuição global dos dados recolhidos e analisados. A partir desta ilustração, verifica-se que ao longo dos nove ciclos, o grupo de operações onde se aplicou mais tempo de trabalho foi o de **Operações** com 44%, seguido pelas **Outras Atividades**, com 37%, **Interrupções Equipamento**, com 16% e **Interrupções Gerais** com 4%. Desde logo, com estes valores obtidos verifica-se que há margem para melhorias pois o grupo de **Operações**, aquele que efetivamente é responsável pela produção de minério, não chega sequer aos 50%. Quer isto dizer que a maior parte do tempo analisado desta frente de trabalho, não ocorreram operações unitárias contempladas no ciclo de operações teórico. Este fato leva logo a crer que existe aqui uma oportunidade de melhoria, em termos de produtividade de forma a se poder obter uma melhor gestão de recursos e esforços.

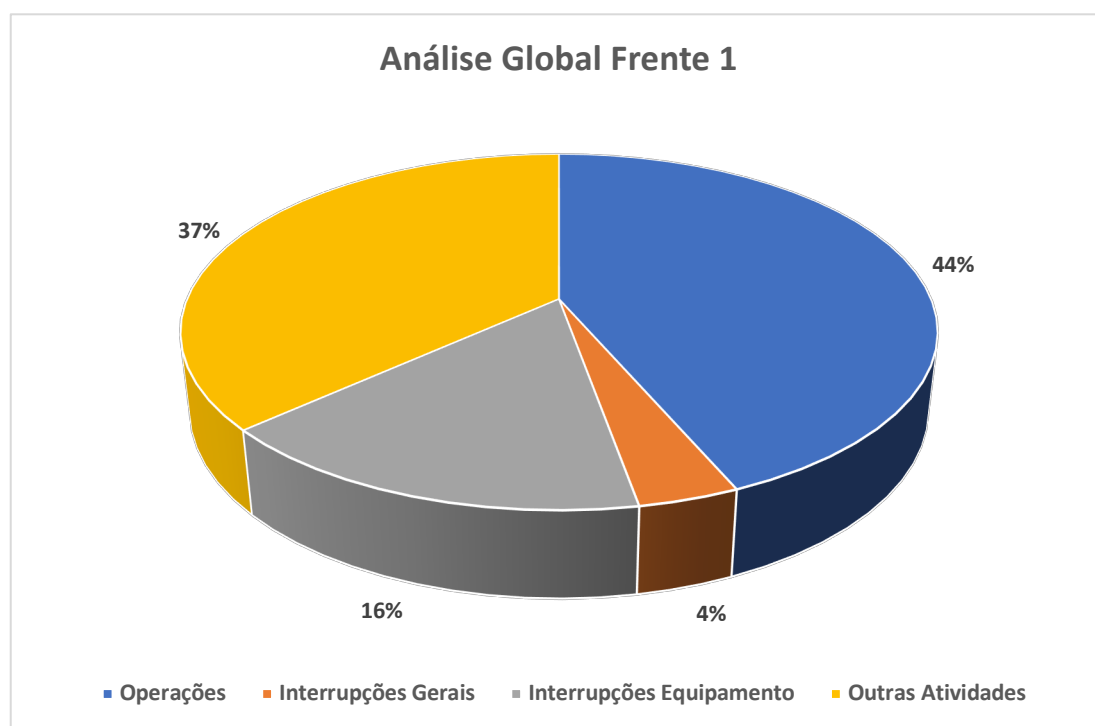


Ilustração 32 - Análise Global de todas as Atividades na Frente 1.

Acumulando o valor de todos os grupos de atividades num só gráfico de barras, como é representado na Ilustração 33, verifica-se que o valor total de cada ciclo é feito de altos e baixo. O valor médio obtido é de cerca de 58 horas de trabalho, o equivalente a 7 turnos de trabalho. Partindo do pressuposto que todas as operações unitárias seriam realizadas no tempo mínimo registado, este valor decrescia para aproximadamente 34 horas e o seu valor máximo seria de 110 horas, algo verificável através da Ilustração 34. Ora, o valor de horas trabalhadas no ciclo mais demoroso, foi de 109, muito semelhante ao valor máximo obtido se todas as

operações demorassem o valor máximo registado, o que leva a crer que neste ciclo, o 4º, foge à regra dos restantes ciclos analisados, pois terá sido uma situação excecional, uma vez que o segundo ciclo mais demoroso, ficou aquém do valor registado para o 4º em cerca 47 horas. Tendo em conta que o ciclo médio se registou nas 58 horas, esta diferença é quase 75% de um ciclo. Uma vez que esta variação é bastante significativa, é de esperar que os desvios globais dos ciclos também apresentem uma variação significativa.

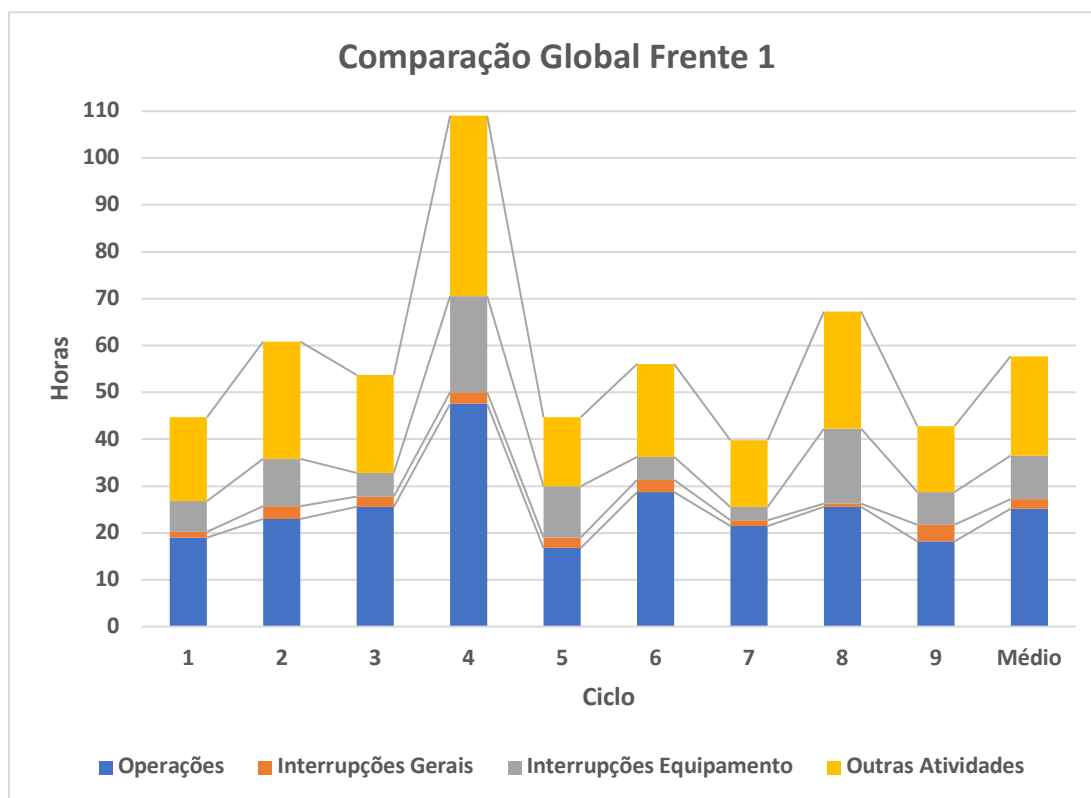


Ilustração 33 - Comparação Global de Todas as Atividades na Frente 1, por Hora, por Ciclo.

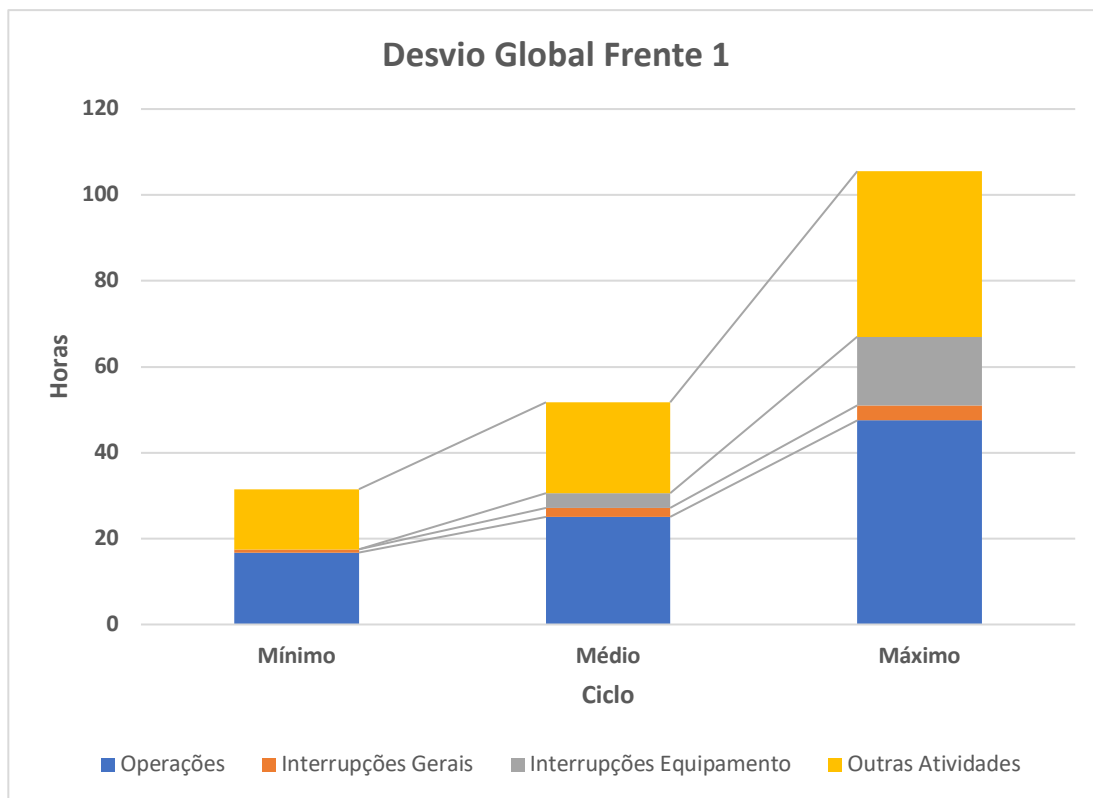


Ilustração 34 - Desvio Global, em Horas, de todas as Atividades na Frente 1.

De forma a complementar a análise dos ciclos e dos grupos de operações, realizou-se a uma breve análise de distribuição dos valores obtidos, cujos gráficos serão apresentados adiante. Da apreciação dos mesmo, pode-se afirmar que em certa medida todos são semelhantes no aspeto que todos apresentam uma larga representatividade em torno dos seus valores médios, sendo que nas extremidades, são bastantes reduzidos. Com isto, e com o que se tem vindo aferir pela análise até aqui realizada, os ciclos oscilam entre o valor médio registado, quer acima, quer abaixo do valor do valor médio de 58 horas. (Ilustração 39)

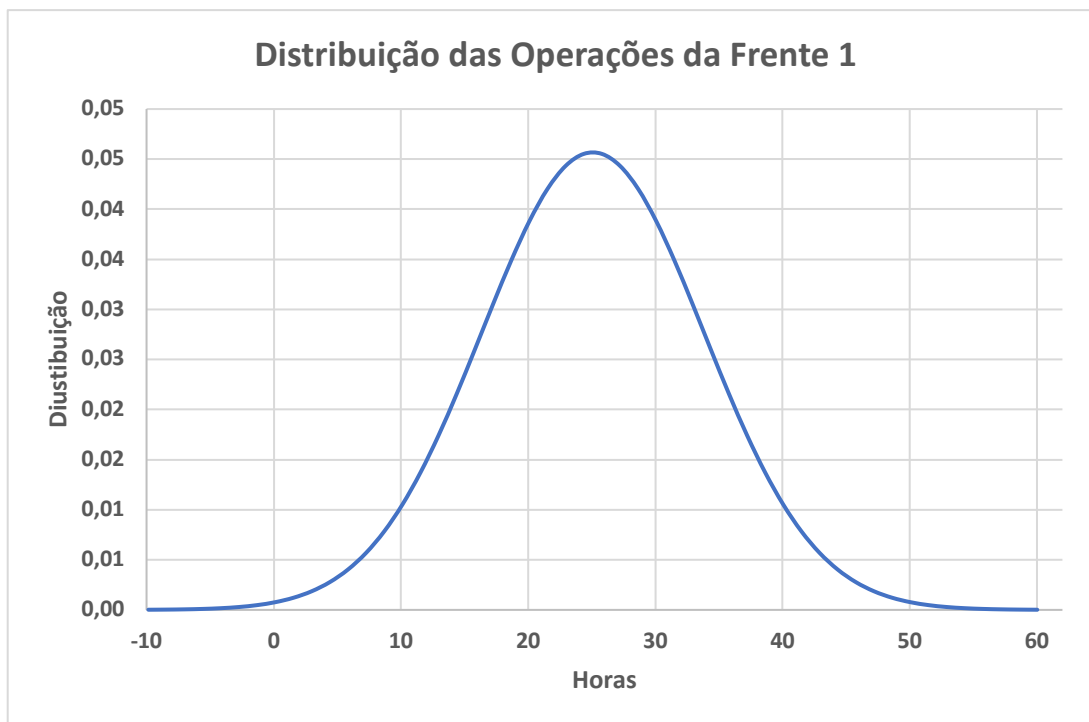


Ilustração 35 - Distribuição das Operações da Frente 1

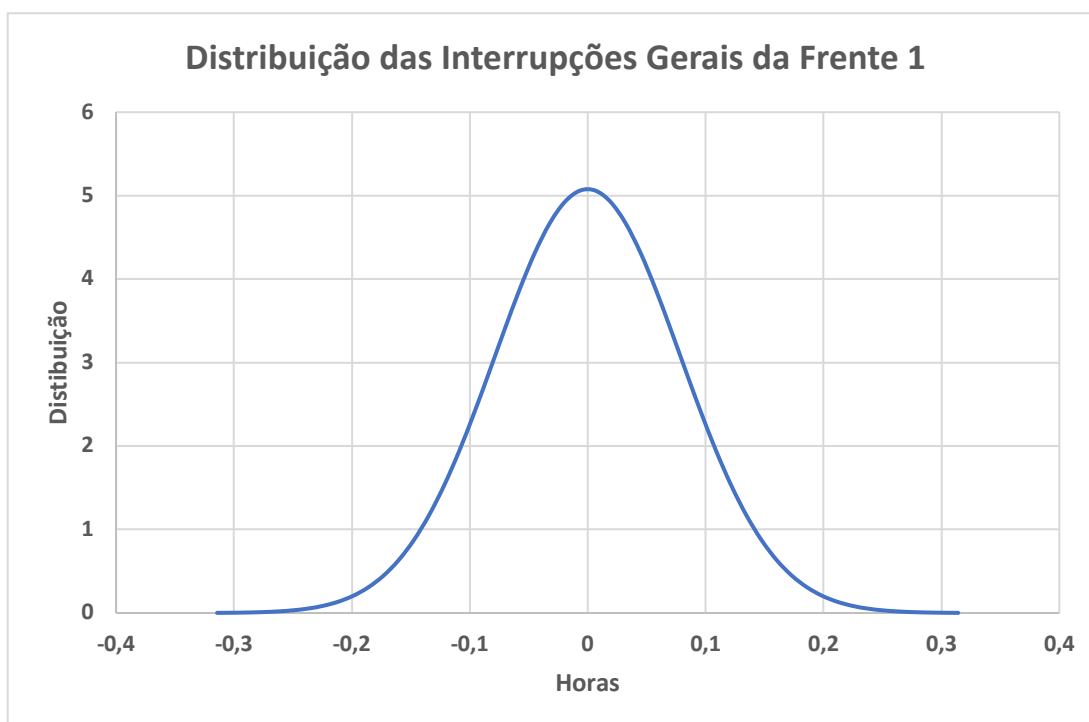


Ilustração 36 - Distribuição das Interrupções Gerais da Frente 1

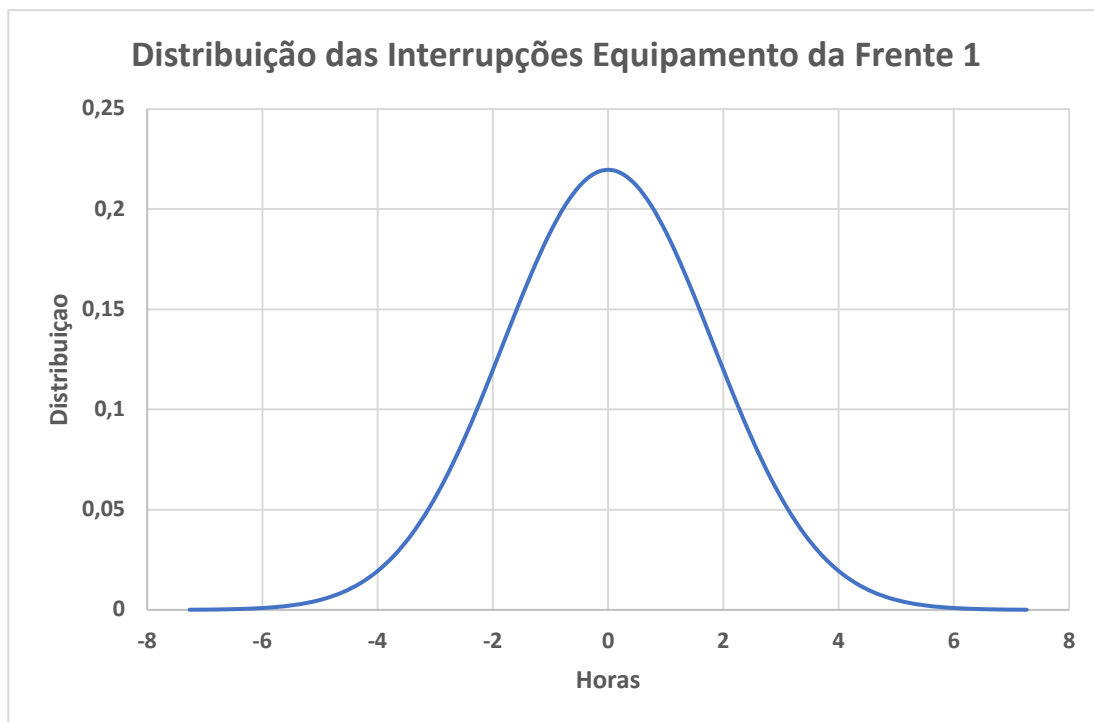


Ilustração 37 - Distribuição das Interrupções Equipamento da Frente 1

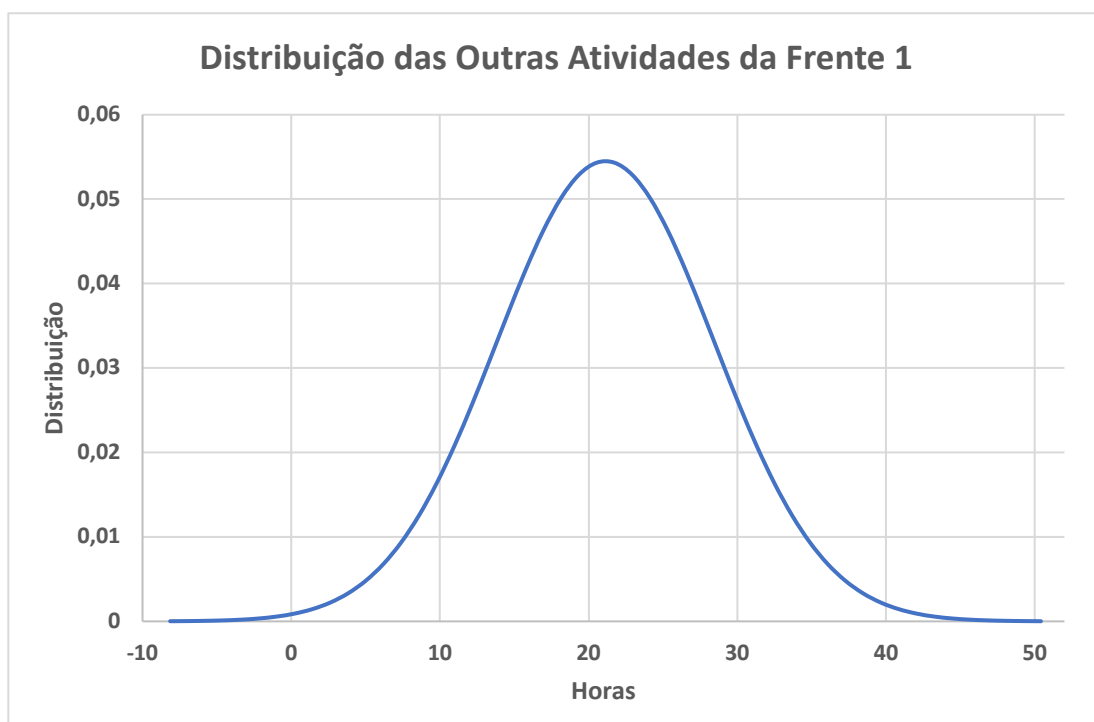


Ilustração 38 - Distribuição das Outras Atividades da Frente 1

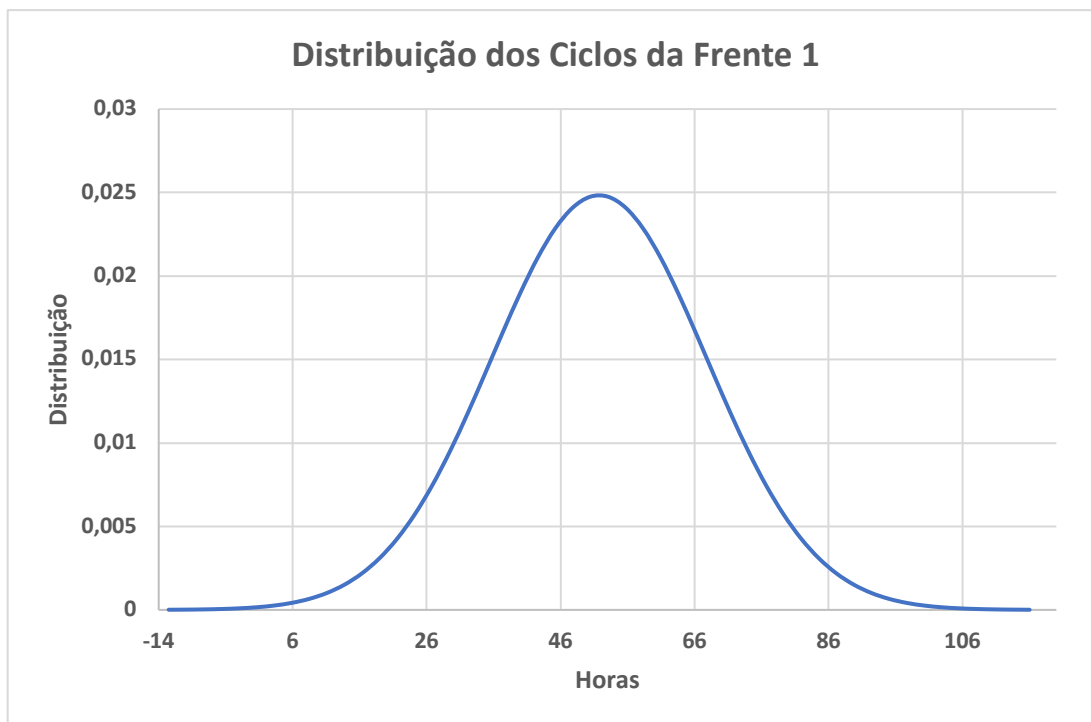


Ilustração 39 - Distribuição dos Ciclos da Frente 1

6.2. Frente 2

Do Anexo 11 ao Anexo 19, pode-se encontrar os gráficos correspondentes à análise dos ciclos para a Frente.

Começando pelo 1º Ciclo (Anexo 11), este ficou completo em 52 horas. Deste valor, 34% correspondeu a **Operações**, 33% a **Outras Atividades**, 20% a **Interrupções Equipamento** e 13% a **Interrupções Gerais**. Desde logo se verifica que o valor correspondente às **Operações** pouco difere do valor de **Outras Atividades** o que evidencia que este ciclo não terá sido muito produtivo. Desde logo é alarmante a percentagem de **Interrupções de Equipamento**, e que em muito contribui para a baixa produtividade deste ciclo, uma vez que se perderam aproximadamente 11 horas de trabalho com **Falha Mecânica** e **Falta de Equipamento**.

O 2º Ciclo (Anexo 12) ficou completo em 34 horas. Neste ciclo já se verificou um aumento da percentagem em **Operações**, tendo ficado pelos 46%. As **Outras Atividades** totalizaram cerca de 29%, sendo que se voltou a verificar algum tempo despendido com **Falha Mecânica** e **Falta de Equipamento**, sendo que estas duas operações unitárias corresponderam a aproximadamente 16% do tempo total. Dos 8% das **Interrupções Gerais**, a atividades com maior peso neste grupo foi a **Falta de Água**.

No 3º Ciclo (Anexo 13) verificou-se uma diminuição no tempo gasto com os grupos relativos às interrupções, sendo que os dois representaram aproximadamente 12% do tempo total. Este aspeto, aliado aos 37% das **Outras Atividades**, levaram a que neste ciclo, as operações foram responsáveis por mais de metade de todo o ciclo, com cerca de 51% das 26 horas de trabalho despendidas.

Contrastando com o ciclo anterior, no 4º Ciclo (Anexo 14) registou-se novo declínio na percentagem de horas de trabalho em **Operações**. Nas 40 horas que este ciclo demorou até estar completo, apenas 38% corresponderam a **Operações**, sendo que se registou novo aumento nos grupos de interrupções, com 7% nas **Interrupções Gerais** e 16% nas **Interrupções de Equipamento**. Uma vez que o ciclo se registou num número maior de turnos que o anterior, é normal que o tempo gasto em **Outras Atividades** também tenha sofrido um aumento, tendo representado cerca de 38% do tempo total.

No 5º Ciclo (Anexo 15) teve-se novo aumento do número de horas trabalhadas, para cerca de 50 horas. Novamente se registou um aumento nas interrupções, para cerca de 27%, sobretudo devido ao aumento de horas com **Falha Mecânica** e **Falta Equipamento**. Uma vez que as **Outras Atividades** continuaram a representar cerca de 38% do tempo do ciclo, deu-se novo declínio na percentagem de horas despendidas em **Operações**, que contabilizaram 35%.

Apesar de no 6º Ciclo (Anexo 16) se dar um decréscimo do tempo total de ciclo, aproximadamente 39 horas, houve um grande aumento no tempo despendido em **Outras Atividades**, uma vez que este grupo foi responsável por 47%. Para contrariar o que vinha a ser registado nos ciclos anteriores, o grupo das **Operações** teve um ligeiro aumento na sua

representatividade para o ciclo, uma vez que contribui para cerca de 40% das 39 horas trabalhadas, muito à custa da redução de tempo perdido com **Falha Mecânica** e **Falta Equipamento**. O grupo das interrupções apenas representou cerca de 13% do tempo total do ciclo.

Das 50 horas de trabalho necessárias para a conclusão do 7º Ciclo (Anexo 17), apenas 27% do tempo foi com **Operações**. Este valor é de alguma forma alarmante uma vez que é muito reduzido e à qual acresce mais preocupação quando 40% das **Interrupções Equipamento**, são responsabilidade da **Falta Equipamento**, correspondendo a cerca de 20 horas. As **Outras Atividades** foram responsáveis por cerca de 30% do tempo total do ciclo.

No 8º Ciclo (Anexo 18), com o decréscimo do tempo despendido em **Interrupções Equipamento** que, contudo, contabilizaram cerca de 17% das 42 horas de trabalho, verifica-se um aumento da percentagem de horas gastas com **Operações**. Este grupo representou cerca de 46% do tempo total, algo bastante diferente do que tinha sido registado no ciclo anterior.

O último ciclo analisado, o 9º (Anexo 19), demorou cerca de 44 horas até ficar concluído. Deste tempo, novamente temos bastante tempo despendido em **Interrupções Equipamento**, com cerca de 18%. Uma vez que este valor continua a ser algo elevado, é normal que as **Outras Atividades**, também tenham um peso significativo para o tempo total, registando aproximadamente 39%. Este valor é igual ao valor que foi despendido em **Operações**.

Compilando todos os dados sobre o grupo das **Operações**, obtém-se a Ilustração 40, onde podemos ver as operações unitárias acumuladas para cada um dos ciclos bem como o ciclo intermédio. Na Ilustração 41, pode-se verificar que a diferença entre o valor intermédio dos ciclos, que se ficou pelas 16 horas. Se o ciclo fosse realizado com todos os valores mínimos registados, este valor seria de 14 horas, uma variação reduzida comparativamente aos valores máximos, onde o ciclo chegaria a ter 30 horas, ou seja, quase o dobro do tempo médio.

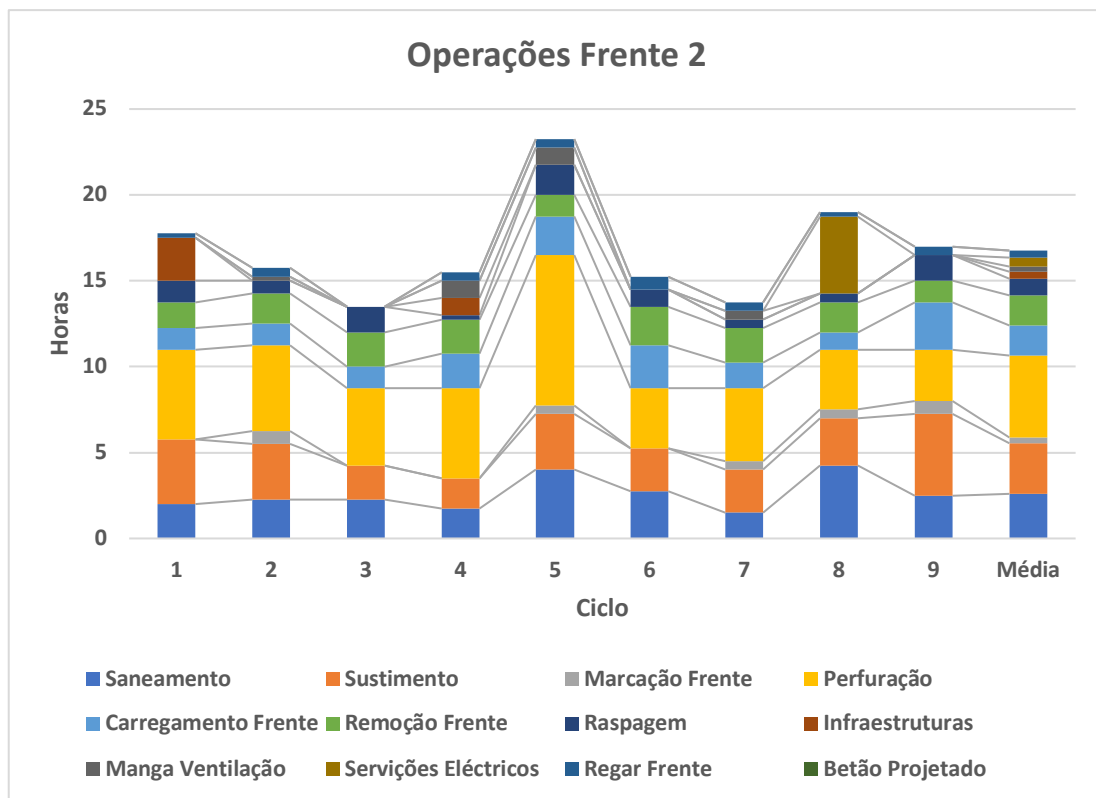


Ilustração 40 - Representação das Operações na Frente 2, por Hora, por Ciclo.

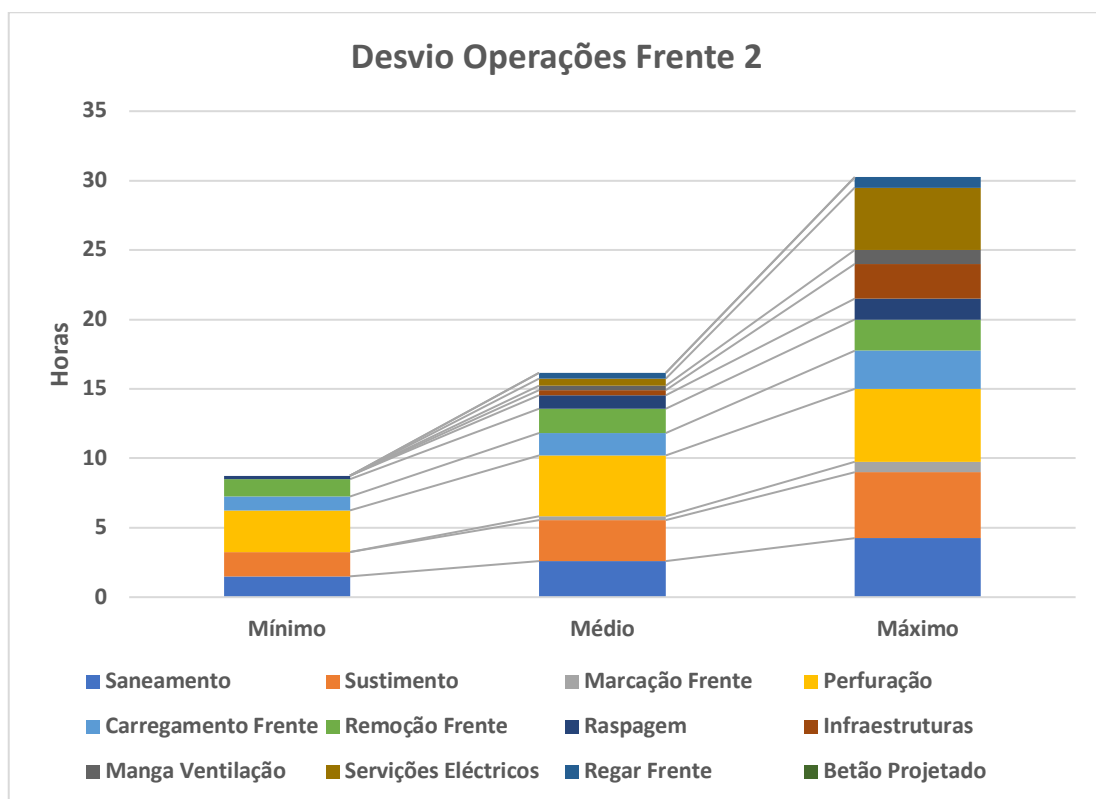


Ilustração 41 - Desvios, por Hora, das Operações na Frente 2.

Relativamente às **Interrupções Gerais**, através da Ilustração 42, verifica-se que uma das atividades operações unitárias recorrentes foi a interrupção devido à necessidade de supervisão da atividade que ocorria. Excetuando no 3º ciclo, onde não ocorreu qualquer tipo de interrupção, todos os restantes ciclos, apresentaram algumas horas de paragem por parte deste grupo de interrupções, sendo uma das mais frequentes, a necessidade de Topografia, tal como já havia acontecido para a Frente 1. Considerando os desvios deste grupo, pode-se aferir, através da Ilustração 43, que o valor mínimo seria de zero horas, ou seja, não haveria qualquer tipo de interrupção e no seu extremo, o valor máximo por ciclo de interrupções seria aproximadamente de 8 horas, contrastando com o valor médio que se situou perto das 3 horas.

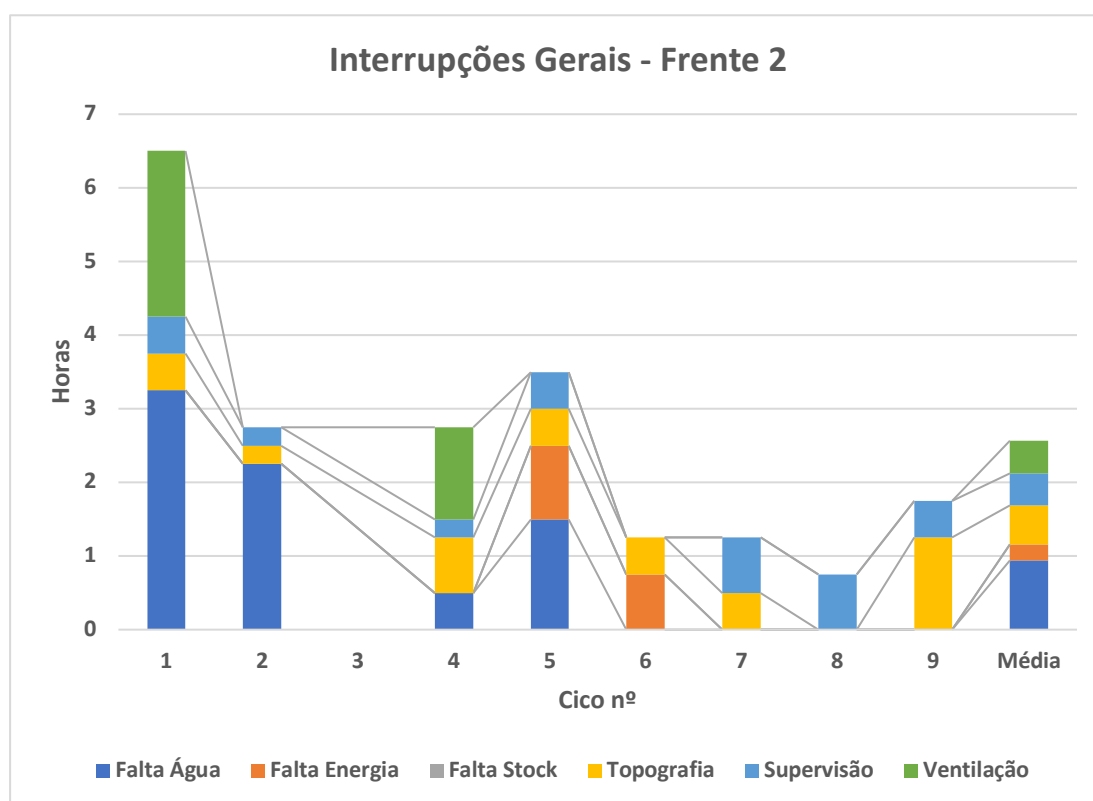


Ilustração 42 - Representação das Interrupções Gerais na Frente 2, por Hora, por Ciclo.

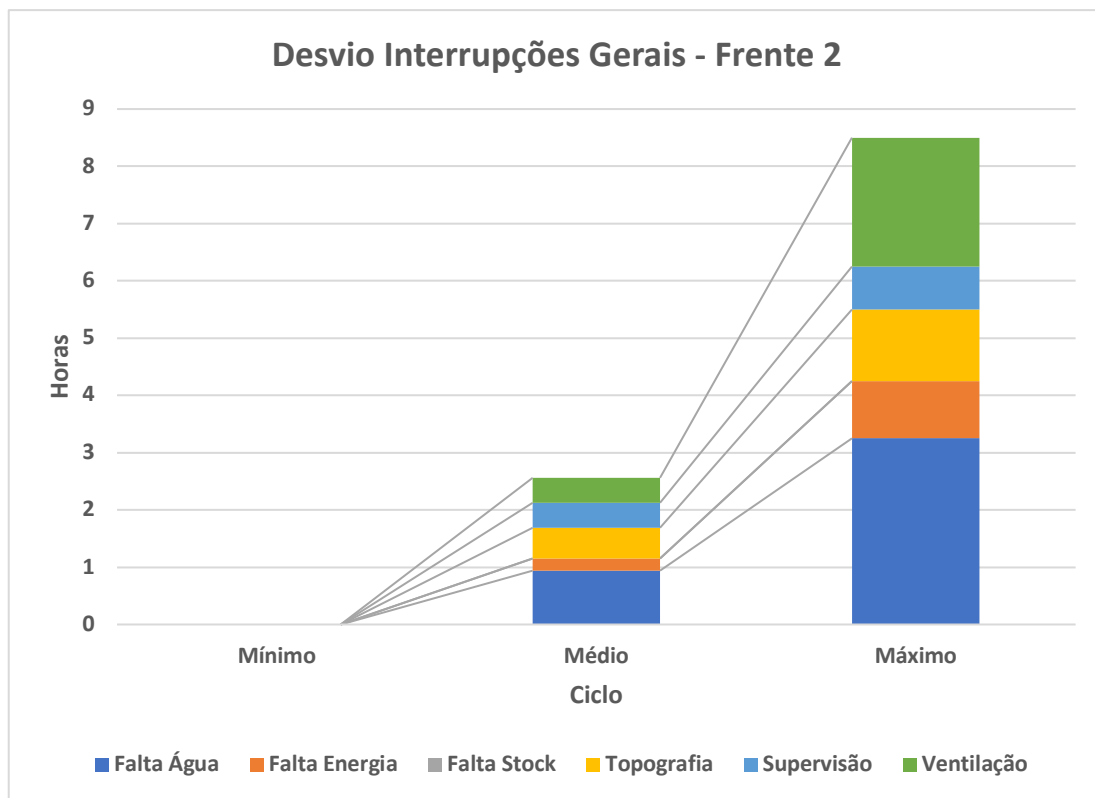


Ilustração 43 - Desvio, por Hora, das Interrupções Gerais na Frente 2.

No que diz respeito às **Interrupções Equipamento**, verifica-se novamente o padrão de em todos os ciclos existirem paragens por **Falta de Equipamento**. O valor médio deste grupo foi de cerca de 8 horas. Através da Ilustração 44 pode-se ver que existiu um ciclo com um valor que se pode considerar anómalo para a amostra realizada, uma vez que totalizou 20 horas por si só de Interrupções de Equipamento. Devido a este fator, desde logo se pode esperar que o desvio máximo deste grupo seja elevado e desfasado da média. Contudo, seria de esperar que na melhor das hipóteses, o ciclo mínimo não teria qualquer hora de **Interrupção Equipamento** algo que não se verificou, algo que se pode retirar da Ilustração 45

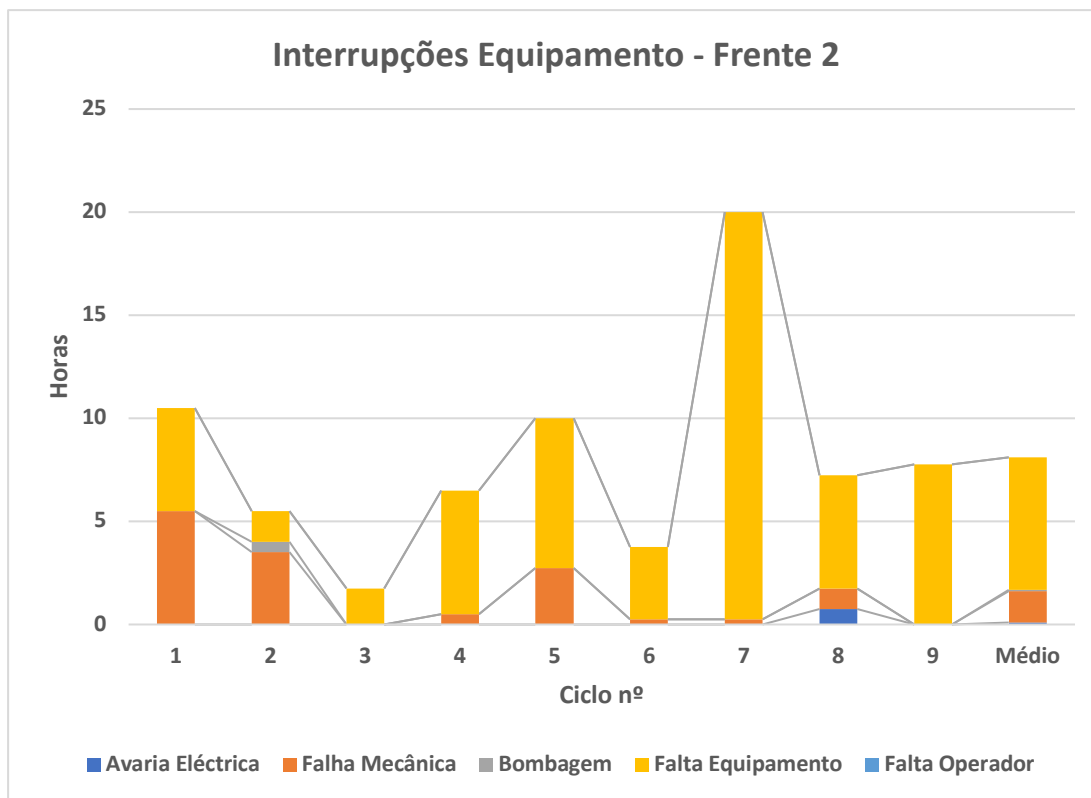


Ilustração 44 - Representação das Interrupções de Equipamento na Frente 2, por Hora, por Ciclo.

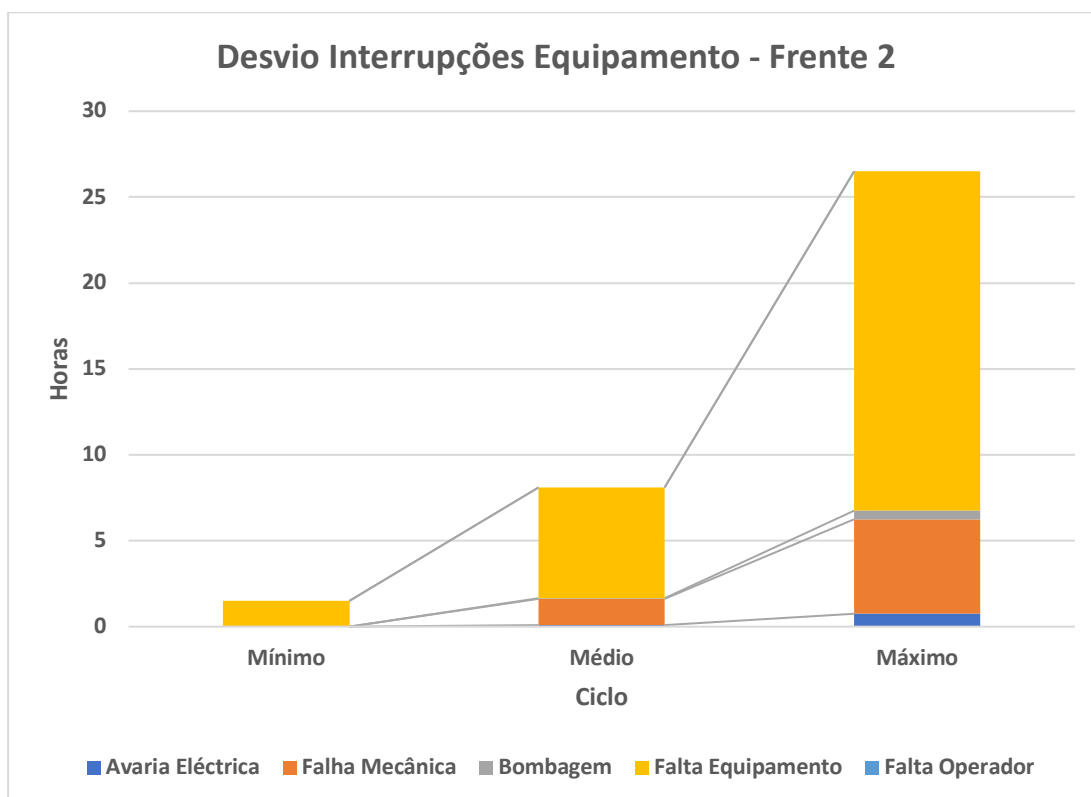


Ilustração 45 - Desvio, por Hora, das Interrupções Gerais na Frente 2.

Chegando ao último grupo de operações, as **Outras Atividades**, o valor médio deste grupo ficou-se pelas 15 horas, sendo que um dos maiores responsáveis por este valor, foi o **Tempo de Transporte**, algo que também se tinha verificado para a Frente 1. Inevitavelmente, devido à associação de operações unitárias deste grupo, consoante o número de turnos demorava a ser concluído, operações como a **Paragem Disparo**, **Passagem de Turno** apresentaram valores superiores, ao longo dos ciclos. Da Ilustração 47 verifica-se que o desvio mínimo em relação à média deste grupo é de 7 horas face às 12 horas de diferença para os valores máximos obtidos.

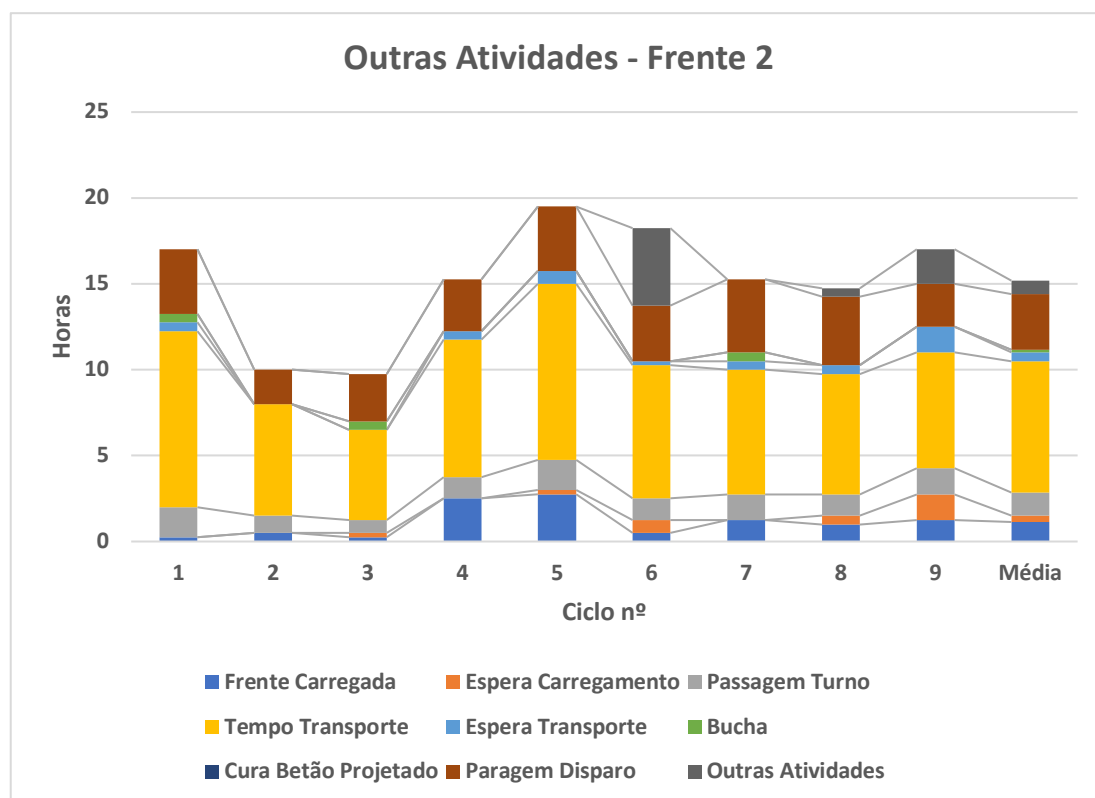


Ilustração 46 - Representação das Outras Atividades na Frente 2, por Hora, por Ciclo.

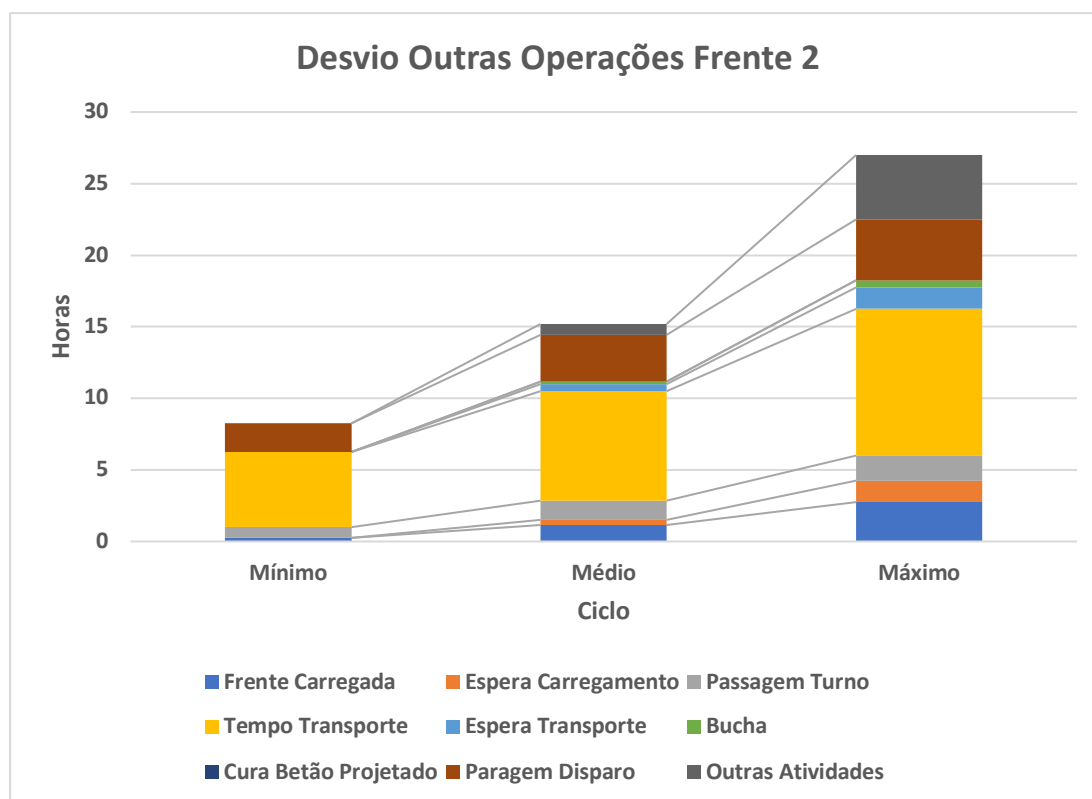


Ilustração 47 - Desvio, por Hora, das Outras Atividades na Frente 2.

Realizando então a apreciação global sobre a Frente 2, obtém-se que as **Operações** foram responsáveis por 39%, as **Outras Atividades** por 36%, **Interrupções Equipamento**, 19% e **Interrupções Geras** 5%. O valor médio foi de 42 horas (Ilustração 49) sendo que o acumulado dos valores mínimos registados equivaleria a 26 horas de trabalho e o valor máximo seria de 65 horas (Ilustração 50). Este valor máximo, está claro inflacionado pelos registos de **Interrupções Equipamento e Gerais** anómalos que foram obtidos no 7º Ciclo e 1º Ciclo, respetivamente. Ao longo dos três primeiros ciclos, houve um decréscimo na duração destes, havendo depois um aumento significativo até ao 5º ciclo. Os ciclos seguintes foram oscilando alternadamente. Este fato será um dos mais importantes para explicar a largura das curvas de distribuição normal que se realizaram. À semelhança do que acontecera na Frente 1, na Frente 2 também se registou que os valores ficam sempre algo entre o valor intermédio, provocando que a curva seja larga em torno do eixo do valor médio. Isto implica que o número de registos nas extremidades da distribuição seja reduzido ou mesmo nulo (Ilustração 54).

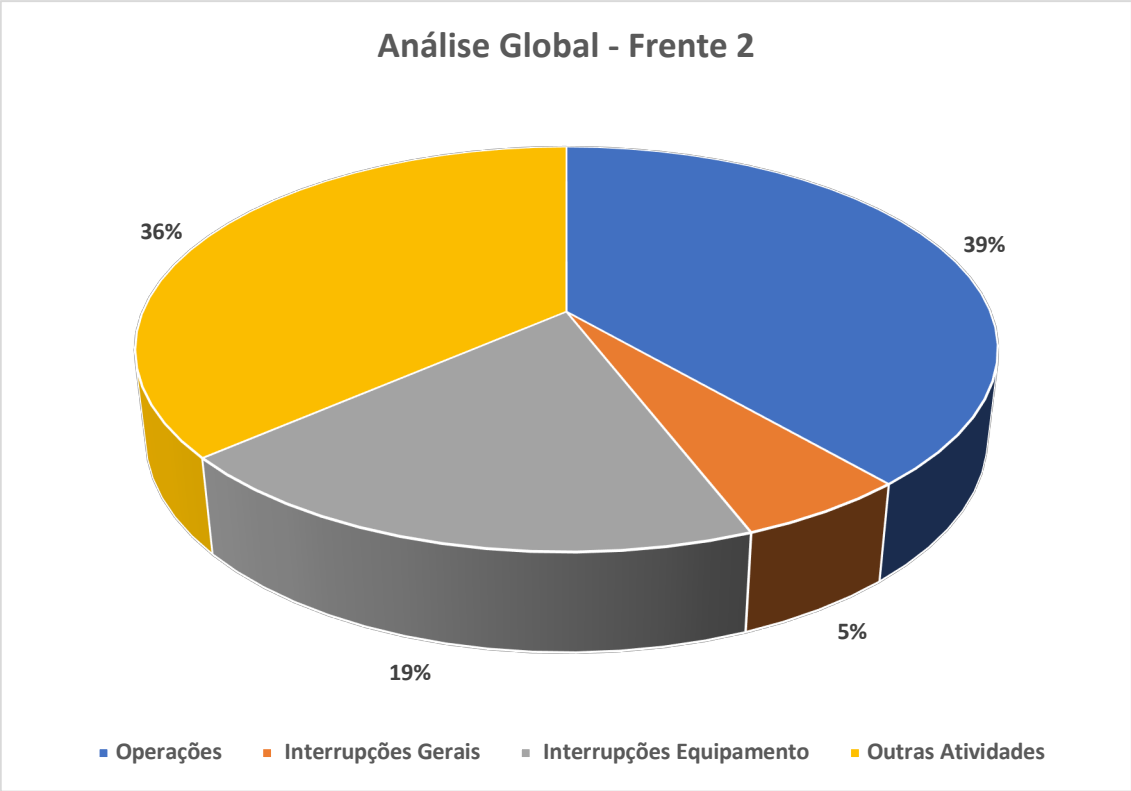


Ilustração 48 - Análise Global de todas as Atividades na Frente 2.

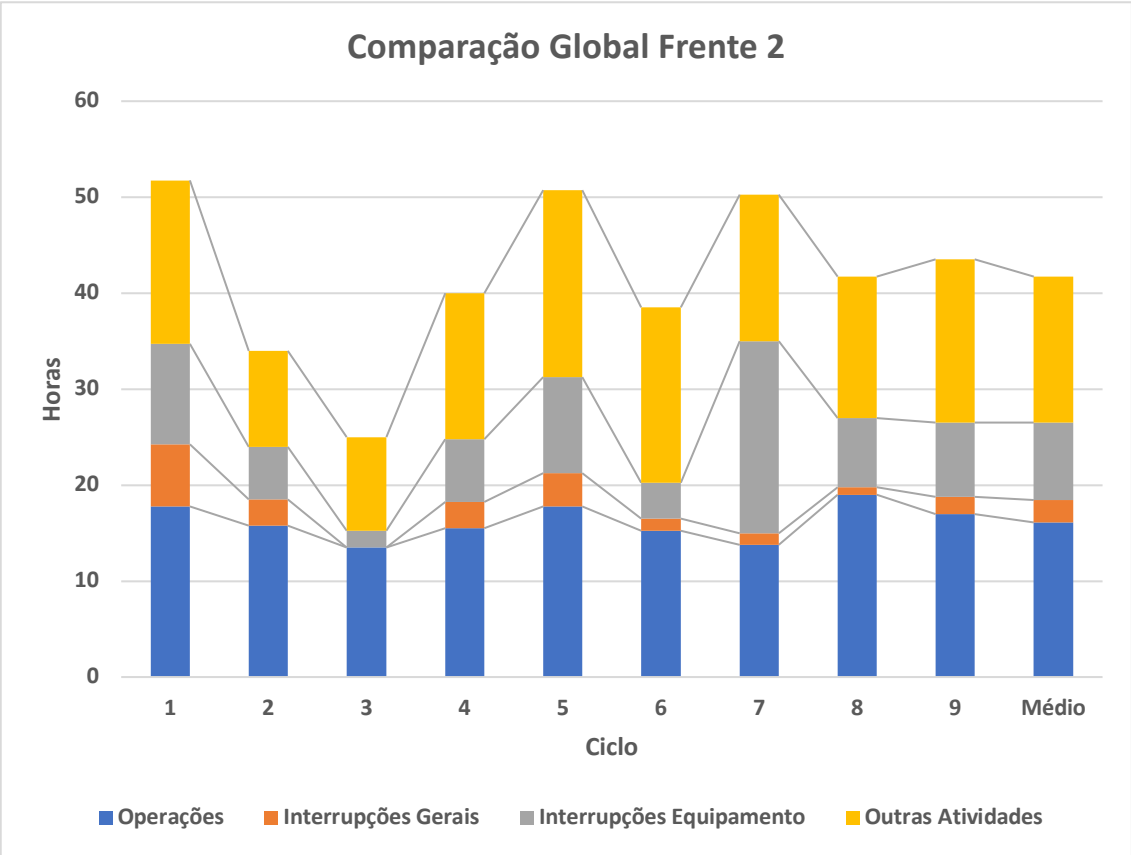


Ilustração 49 - Comparação Global de Todas a Atividades na Frente 2, por Hora, por Ciclo.

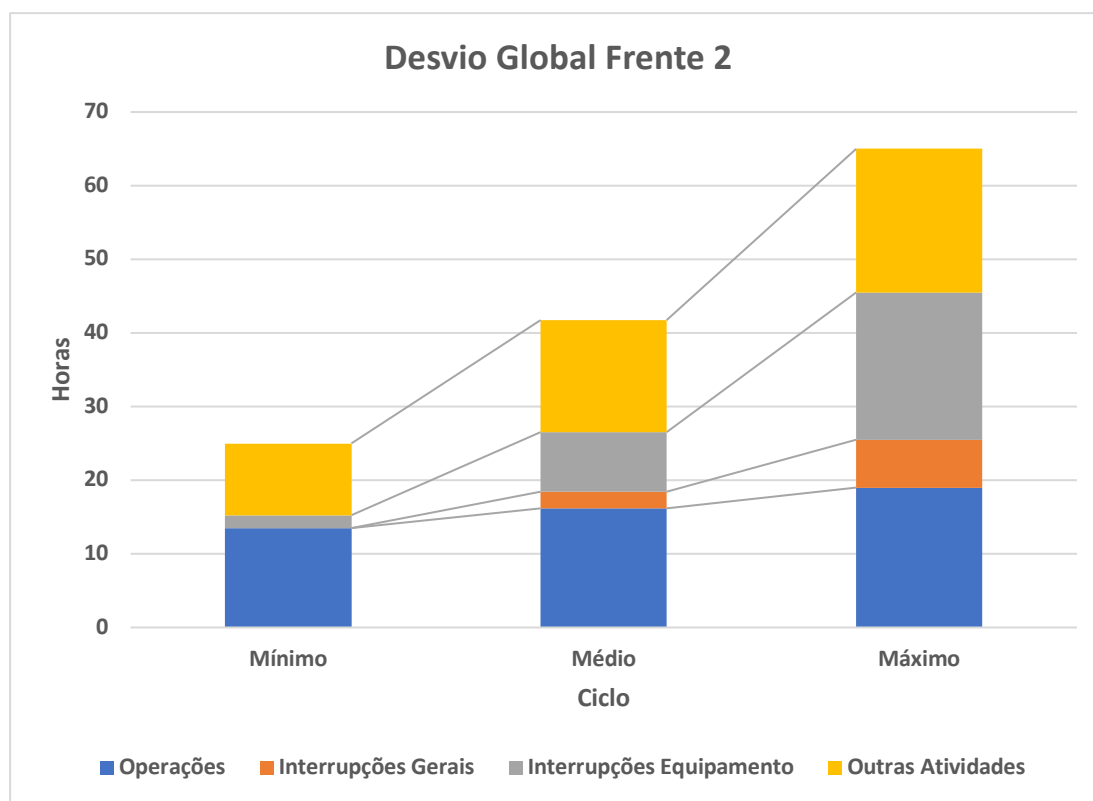


Ilustração 50 - Desvio Global, por Hora, de Todas as Atividades da Frente 2.

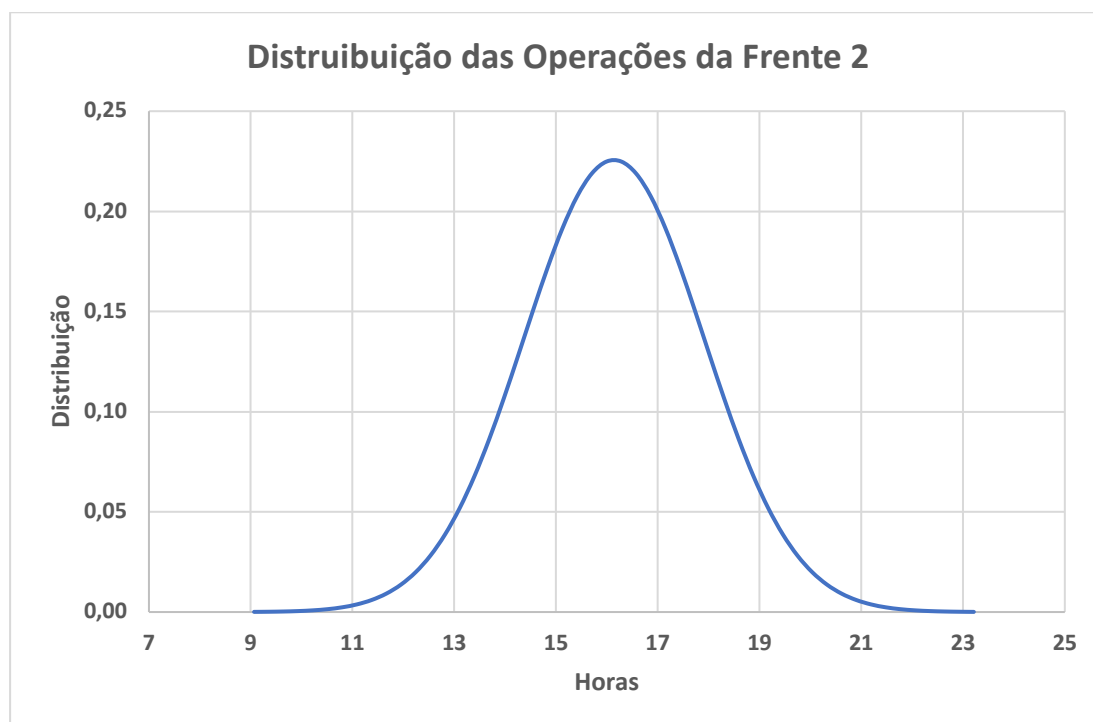


Ilustração 51 - Distribuição das Operações da Frente 2

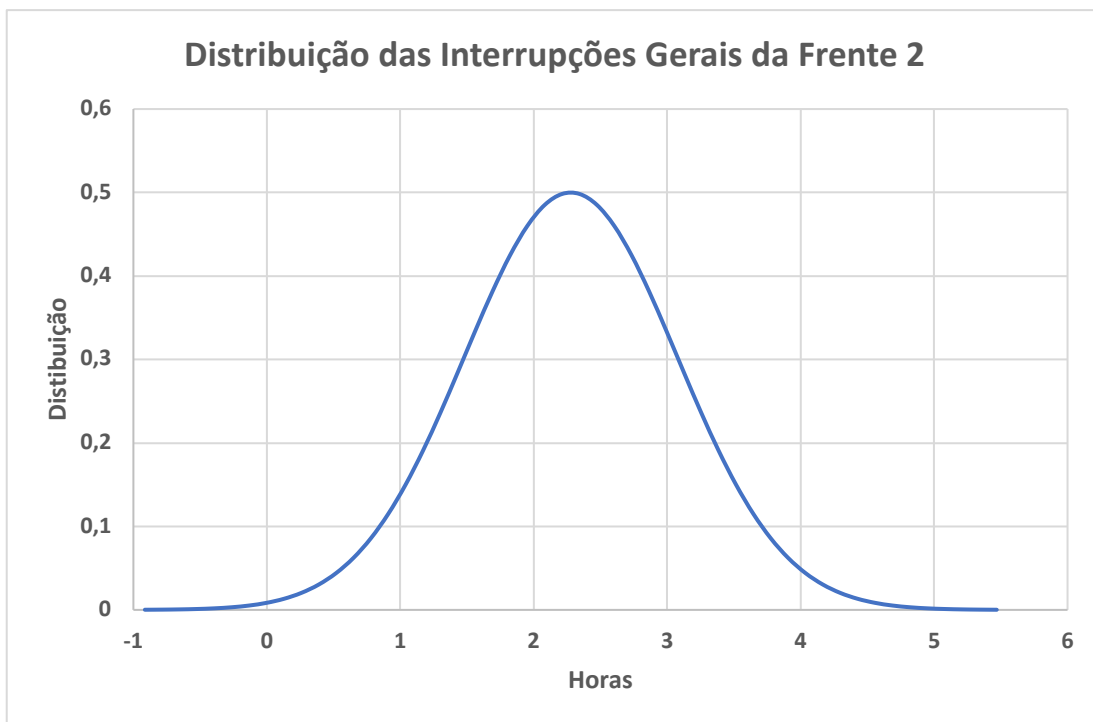


Ilustração 52 - Distribuição das Interrupções Gerais da Frente 2

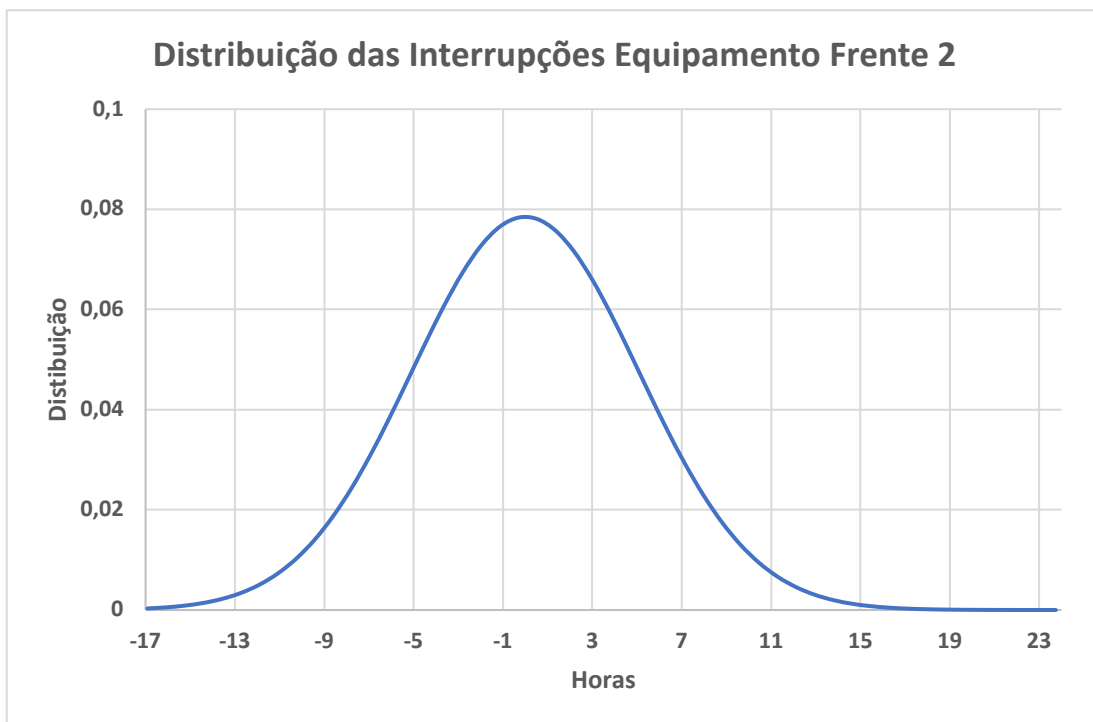


Ilustração 53 - Distribuição das Interrupções Equipamento da Frente 2

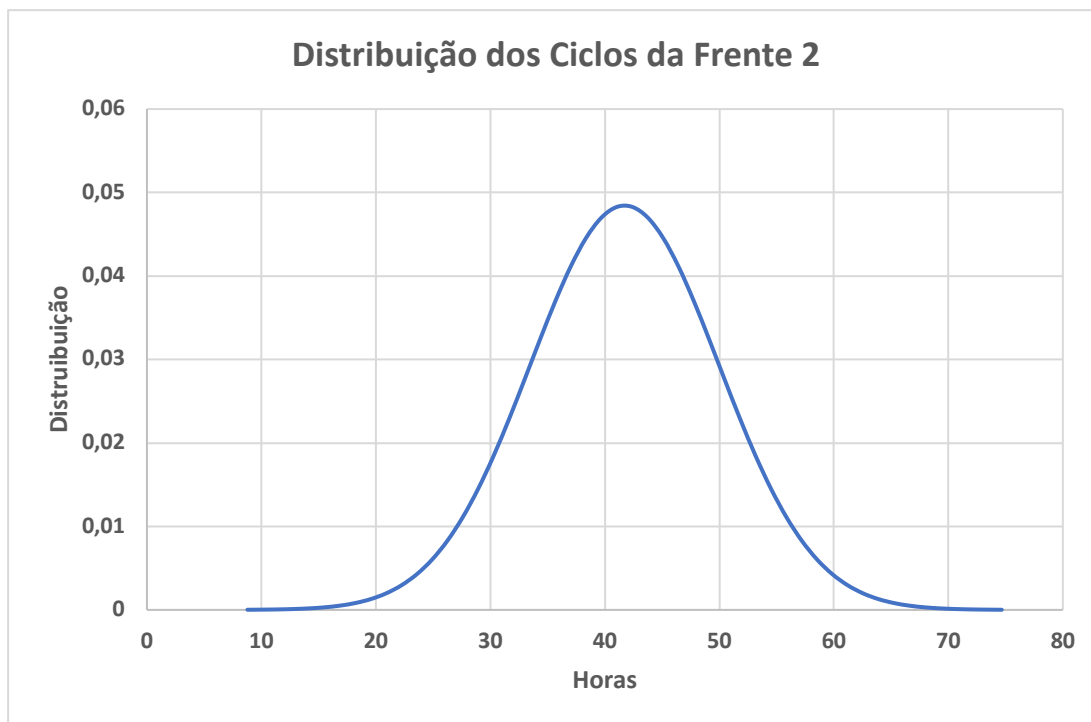


Ilustração 54 - Distribuição dos Ciclos da Frente 2

7. Conclusões

Para os efeitos da análise aqui realizada, a frente mais produtiva será aquela que terá menos tempos de paragens e por isso, apresentará maior percentagem no que diz respeito às Operações, face a todas as outras atividades acima descritas e classificadas.

Pela quantidade de operações observadas ao longo dos diversos turnos de trabalho, com diversos operadores das várias equipas existentes, de diferentes equipamentos pode-se afirmar que diferentes operadores têm diferentes formas de trabalhar e por esta razão também se observa uma diferenciação no tempo despendido nas atividades, independentemente das suas capacidades.

Dos dados acima apresentados, conclui-se que a Frente 1 foi mais produtiva que a Frente 2 uma vez que apresenta uma percentagem global de **Operações** superior, 48% face a 39% (Ilustração 32 e Ilustração 48). Apesar de na amostra recolhida se terem registado dados um pouco anómalos face aos restantes, a diferença entre este grupo foi muito significativa. Em certa medida, este valor poderá ser explicado pelo fato de na Frente 2 se ter registado várias interrupções do **Falha Mecânica**

Analisando pormenorizadamente a Frente 1, podemos afirmar que seis dos ciclos, cerca de 67%, observados foram abaixo do tempo médio. Da Ilustração 33 verificamos que o ciclo mais curto foi o 5º e o mais demoroso o 4º. Começando pelo segundo caso, verificamos que a necessidade da operação Betão Projetado, tem obviamente o seu impacto, uma vez que se apresenta como a atividade mais demorosa. Contudo, neste mesmo ciclo podemos observar que as horas despendidas em ‘Perfuração’, ‘Saneamento’ e ‘Sustimento’, são em grande sempre superiores à média (Erro! A origem da referência não foi encontrada.). Este conjunto de dados, junto com as horas gastas na operação de ‘Raspagem’, evidenciam que as condições da frente não seriam as mais indicadas, e daí a necessidade de se realizar ‘Betão Projetado’. Apenas estas operações aqui referidas, representam cerca de 38 horas de trabalho, ou seja, mais de 3 turnos de trabalho, correspondendo a cerca de dia e meio de trabalho. Quantos mais turnos se demorem para se concluir um ciclo, mais este será penalizado por atividades como ‘Passagem de turno’, ‘Tempo de Transporte’ ou ‘Paragem de Disparo’.

Curiosamente ou então resultado da melhoria substancial de condições, devido ao tempo que se despendeu anterior, ao 5º Ciclo apresenta os melhores resultados. Comparativamente ao ciclo anterior, verifica-se logo que a operação unitária de ‘Saneamento’ foi a realizada em menos de metade do tempo da anterior, o que posteriormente pode ser refletido numa menor necessidade de ‘Raspagem’ da frente. Este fato pode-se atribuir às condições da frente ou ao próprio operador da atividade.

Entrando em maior detalhe, no que toca a Operações, verifica-se que cinco dos ciclos analisados, representando 56%, ficam abaixo da média global do mesmo (Ilustração 24).

Investigando sobre o tempo despendido em cada operação e no somatório das mesmas, podemos afirmar que o 4º Ciclo na Frente 1, foi atípico, pois apresenta quase o dobro do tempo despendido que a média. Inspeccionando mais atentamente, foi precisamente neste ciclo que em quase todas as atividades, foi empregue mais tempo em cada operação unitária.

Relativamente à Frente 2, pode-se concluir que o melhor ciclo foi o 3º, curiosamente onde houve menos tempos de **Interrupções**, quer gerais, quer de equipamento. Como seria de esperar, numa apreciação estritamente relacionada com o número de horas trabalhadas em **Operações**, uma vez que o terreno era mais competente, foi despendido menos tempo em **Saneamento, Sustimento e Raspagem**. No entanto, não se verificou um aumento no número de horas em **Perfuração**. Este é um fato curioso, pois devido à maior dureza do terreno, fosse o contrário. Isto leva a crer que na Frente 1, a **Perfuração** foi mais demorada devido à necessidade de maior cuidado com a mesma.

8. Proposta de otimização

Dos dados aqui analisados, retira-se que existe potencial para otimização de todo o processo. Desde logo, através das ilustrações das distribuições normais, retira-se que numa primeira fase, estas devem ser trabalhadas de forma a tornar a largura da curva, mais estreita, tendo assim, resultados mais próximos das médias obtidas. Em relação ao grupo das **Operações**, existe potencial para melhoria significativa, após uma análise mais aprofundada sobre algumas operações unitárias como o **Saneamento**, **Sustimento** e por consequência, **Raspagem**. Especialmente na Frente 1, estas operações representaram quase tanto como a **Perfuração**. Não obstante do fato de a primeira frente apresentar características geomecânicas mais fracas, a percentagem apresentada continua a ser elevada. Com uma análise mais aprofundada, quer a nível da quantidade de ciclos, quer na quantidade de frentes análise, poderá permitir identificar qual a causa raiz para os números obtidos nesta dissertação, especialmente em frente com este tipo de terreno. Outra questão fundamental e que acarretou um grande peso na totalidade das horas analisadas, prendeu-se com a **Falta de Equipamento**. Esta paragem forçada, representou um peso de aproximadamente 15% da globalidade das horas apresentadas. Mais uma vez, é necessário aprofundar a análise para se perceber se este valor se prende com o fato da multiplicidade de frentes de trabalho ou, no caso extremo, um mau dimensionamento da quantidade de máquinas para operação. Aqui isto poderá ser explicado pela necessidade de transporte de máquinas de um local para o outro, pelo que aqui se poderá tentar implementar um sistema de agrupamento de atividades por zonas, de forma a que as deslocações sejam as mais rápidas possíveis, diminuindo assim a falta de equipamentos nas frentes de trabalho. Outro fator importante na análise aqui realizada, foi o **Tempo de Transporte**, que em ambas as frentes, representou um pouco acima dos 15% da globalidade das horas trabalhadas. Aqui, uma possível otimização poderá passar pelo agrupamento dos trabalhadores por setores próximos de onde vão realizar as suas tarefas, de forma a que a distribuição seja mais expedita. Também é importante referir que quanto mais profundo for o trabalho, maior o **Tempo de Transporte** será, pelo se deverá implementar uma priorização na descida ao fundo da mina, onde os trabalhadores que irão executar tarefas nas zonas mais fundas, tenham prioridade sobre aqueles que não necessitem de um tempo de transporte tão elevado.

Numa segunda fase, o intuito passará por uma tentativa de redução da média dos ciclos de operações. Para tal acontecer, é necessária implementar algumas alterações como por exemplo, os acima mencionados. Aliado a esta proposta, deverá se olhar para alguns conceitos de melhoria continua de forma a se poder chegar a mais alguns fatores que contribuíam positivamente para a otimização de todo o ciclo produtivo.

Posto isto, é importante continuar com a análise dos ciclos de operação, recolhendo ainda mais informação, nomeadamente no número de ciclos a serem analisados bem como, um maior número de frentes, independentemente do tipo de mineralização que estas possuam.

9. Referências

9.1. Bibliografia

Alvarenga, J., 2012. Estudo de Índices Operacionais de Lavra Subterrânea no Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto.

Costa, P., 2017. Geologia Mineira em Neves-Corvo Acompanhamento de trabalhos de fundo de mina e de prospeção mineira. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Carvalho, J., 2016. Zinc Metallogenesis, and Indium and Selenium Distribution at the Neves Corvo deposit, Iberian Pyrite Belt, Portugal. Dissertação de Doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Campeau, L.-P. and M. Gamache, 2019. Short-term planning optimization model for underground mines. Computers and Operations Research

Cortez, J., 1964. Métodos de Exploração por Desabamento. Dissertação de Doutoramento. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Fernandes, A. 2011. Caracterização petrográfica, mineralógica e geoquímica do padrão de alteração hidrotermal a muro das massas de sulfuretos maciços do Lousal, Faixa Piritosa Ibérica. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Ferreira, J., 2015. Estudo de um circuito de moagem: linha #1 da lavaria de cobre. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Ferreira, A., 2000. Dados Geoquímicos de Base de Sedimentos Fluviais de Amostragem de Baixa Densidade de Portugal Continental: Estudo de Fatores de Variação Regional. Capítulo 2. Caracterização de Portugal Continental. Dissertação de Doutoramento. Departamento de Geociências. Universidade de Aveiro.

Fukui R et al. 2016. Production analysis of functionally distributed machines for underground mining. International Journal Mining Science Technology.

Germani, D. J., 2002. A mineração no Brasil. Relatório final ao PNUD. Rio de Janeiro.

Hustrulid, W. and Bullock, R., 2001. Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.

Hamrin, H., 1986. Guide to Underground Mining Methods and Applications, 3rd Edition. Atlas Copco.

Lopes, Gilda & Pereira, Zelia & Fernandes, Paulo & Wicander, Reed & Matos, João & Rosa, Diogo & Oliveira, Jose. (2014). O Complexo Vulcano-Sedimentar da Faixa Piritosa: Estratigrafia,

Vulcanismo, Mineralizações associadas e evolução Tectono-Estratigráfica no contexto da Zona Sul Portuguesa. Faixa Piritosa VII CONG.

Morin, M., 2001. Underground Hardrock Mine Design and Planning. Doctor Thesis. Queen's University, Ontario, Canada.

Newman, A., Rubio, E., Caro, A., and Eureka, K., 2007. A Review of Operations Research in Mine Planning. Articles in Advance. Informs.

Rodrigues, H., 2016. Mina de Neves-Corvo: Deposição de rejeitado espessado Acompanhamento geotécnico e geoquímico. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Rosa C., McPhie J. and Relvas J., 2009. The Felsic Volcanic Centres of Neves Corvo and Lousal Massive Sulfide Deposits in the Iberian Pyrite Belt. In: Williams, P.J et al. (Eds.), 10th Biennial SGA Meeting, Smart Science for Exploration and Mining, Townsville, Australia. Economic Geology Research Unit, James Cook University, vol 1.

Rosa, C.J.P., McPhie, J. and Relvas, J.M.R.S., 2010. Type of volcanoes hosting the massive sulfide deposits of the Iberian Pyrite Belt: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v.194, nº 4.

Vergne, J., 2008. Hard Rock Miner's Handbook, Edition 5. Stantec Consulting Ltd. Canada.

9.2. Webgrafia

www.epiroc.com, consultado a 10 Maio 2019

www.sandvik.com, consultado a 10 maio de 2019

www.kotmatsu.com, consultado a 10 Maio 2019

www.normet.com, consultado a 10 Maio 2019

www.lneg.com, consultado a 5 Março 2019

[https://en.wikipedia.org/wiki/Underground_mining_\(hard_rock\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Underground_mining_(hard_rock)), consultado a 22 Março 2019

Anexo 1 - Exemplo da Folha de Registo

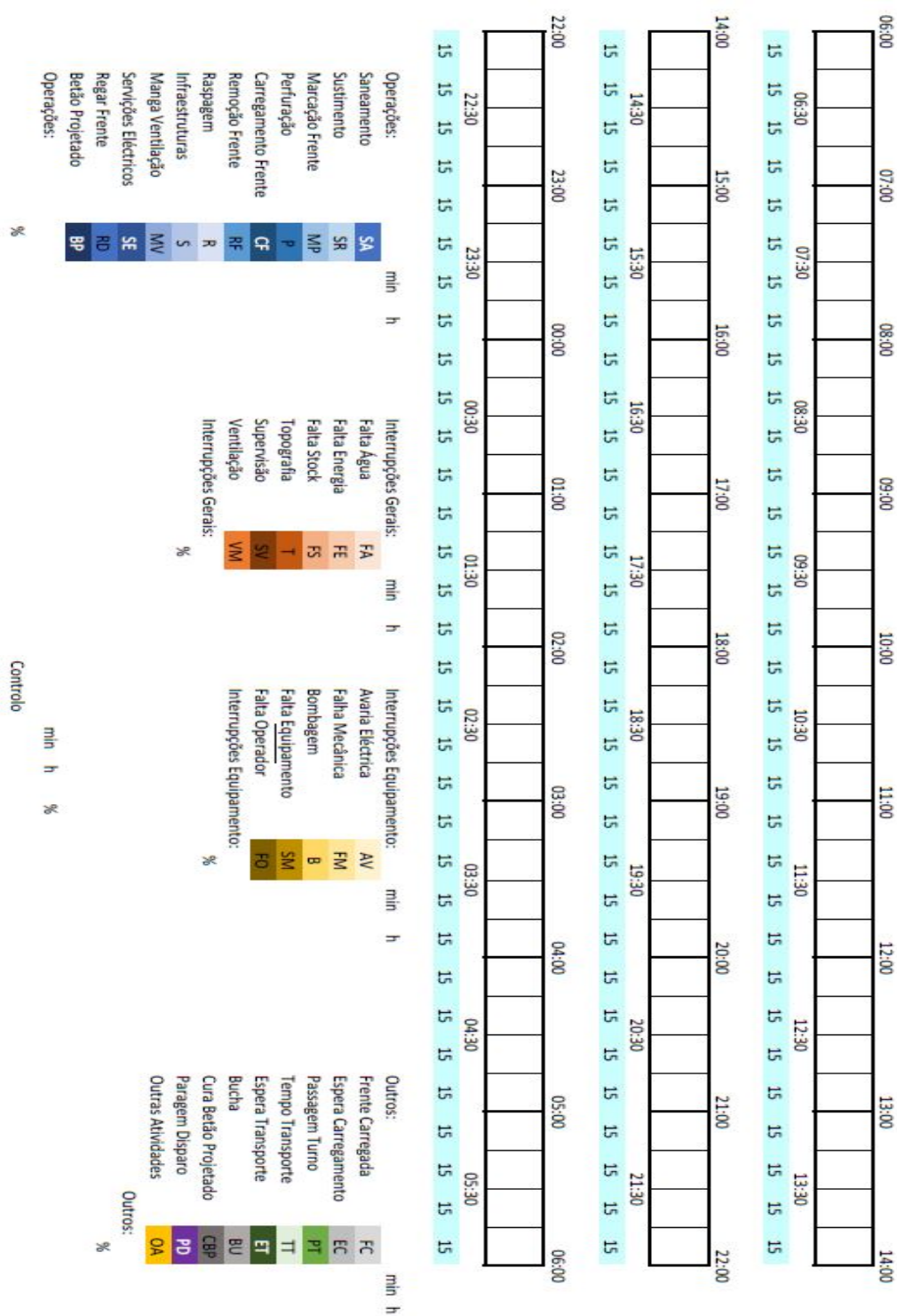


Ilustração 55 - Exemplo da folha de registo

Anexo 2 - Gráficos 1º Ciclo Frente 1

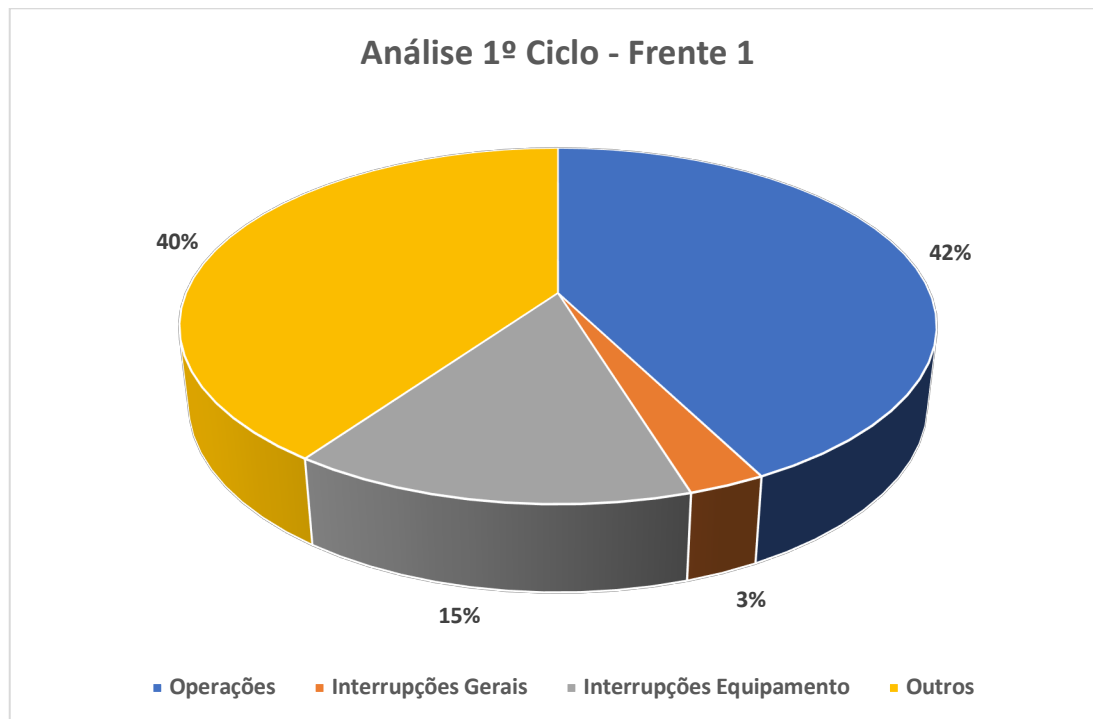


Ilustração 56 - Análise do 1º Ciclo da Frente 1

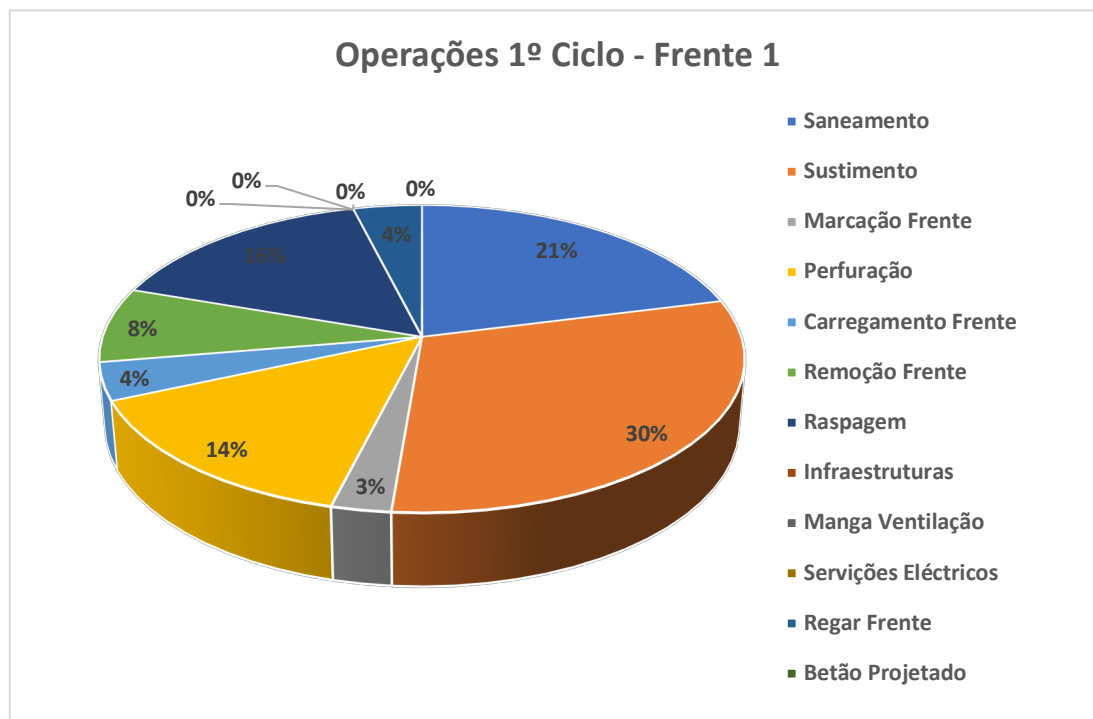


Ilustração 57 - Representação das Operações do 1º Ciclo da Frente 1

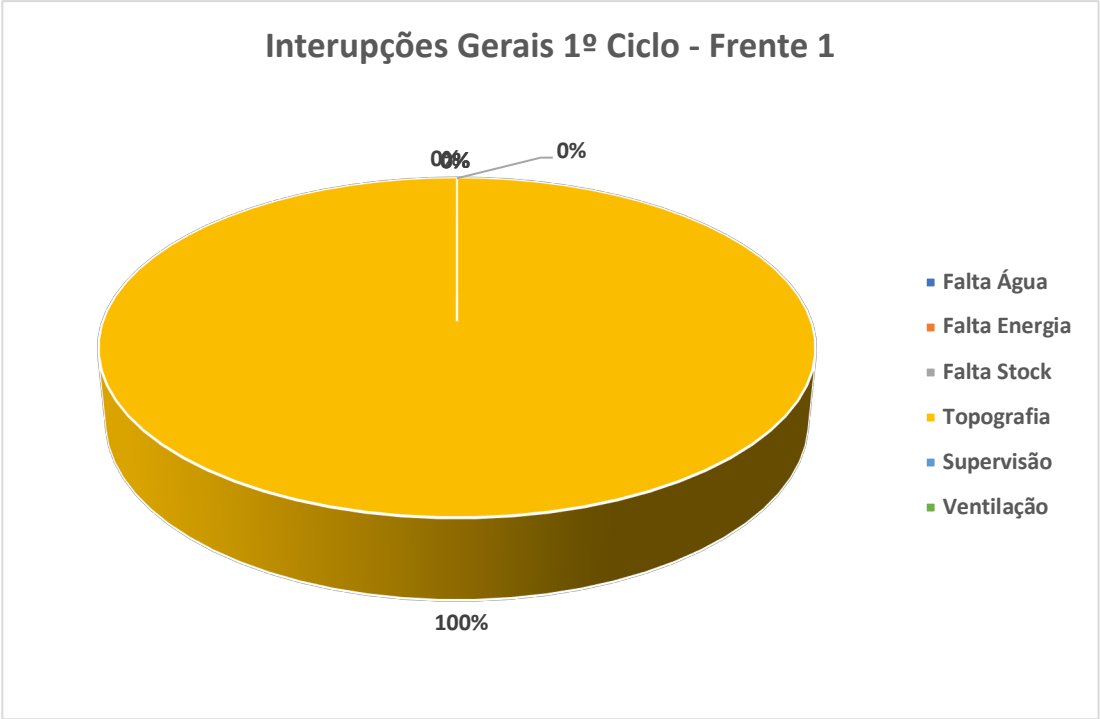


Ilustração 58 - Representação das Interrupções Gerais do 1º Ciclo da Frente 1

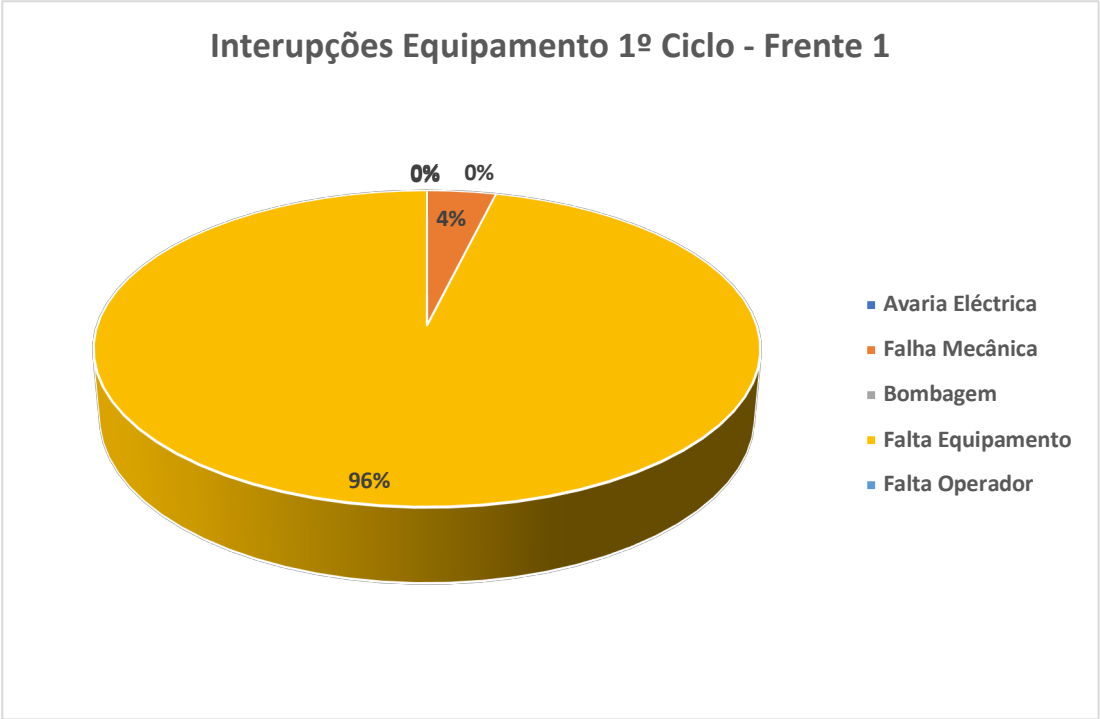


Ilustração 59 - Representação das Interrupções de Equipamento da Frente 1

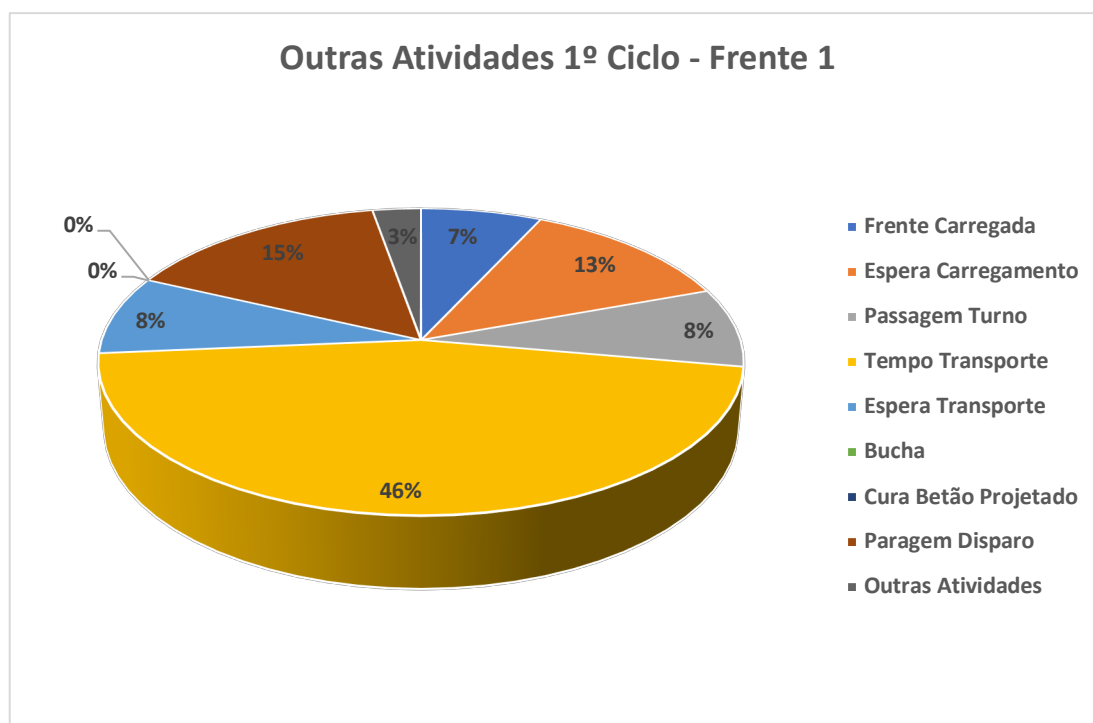


Ilustração 60 - Representação da Outras Atividades do 1º Ciclo da Frente 1

Anexo 3 - Gráficos 2º Ciclo Frente 1

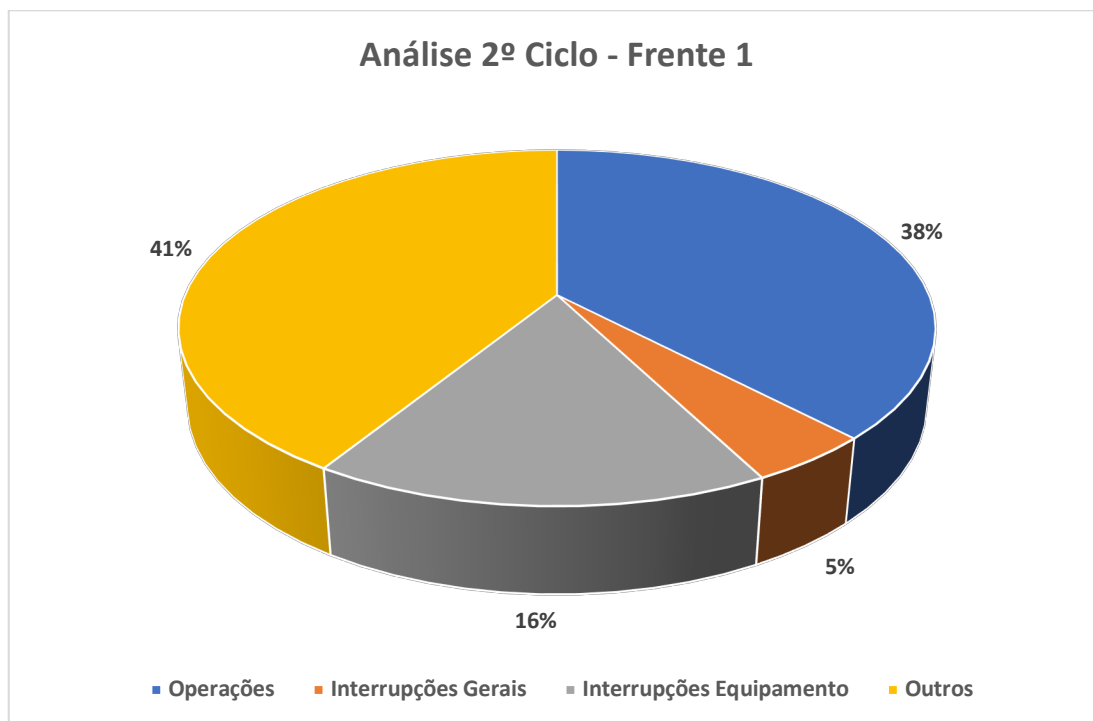


Ilustração 61 - Análise do 2º Ciclo da Frente 1

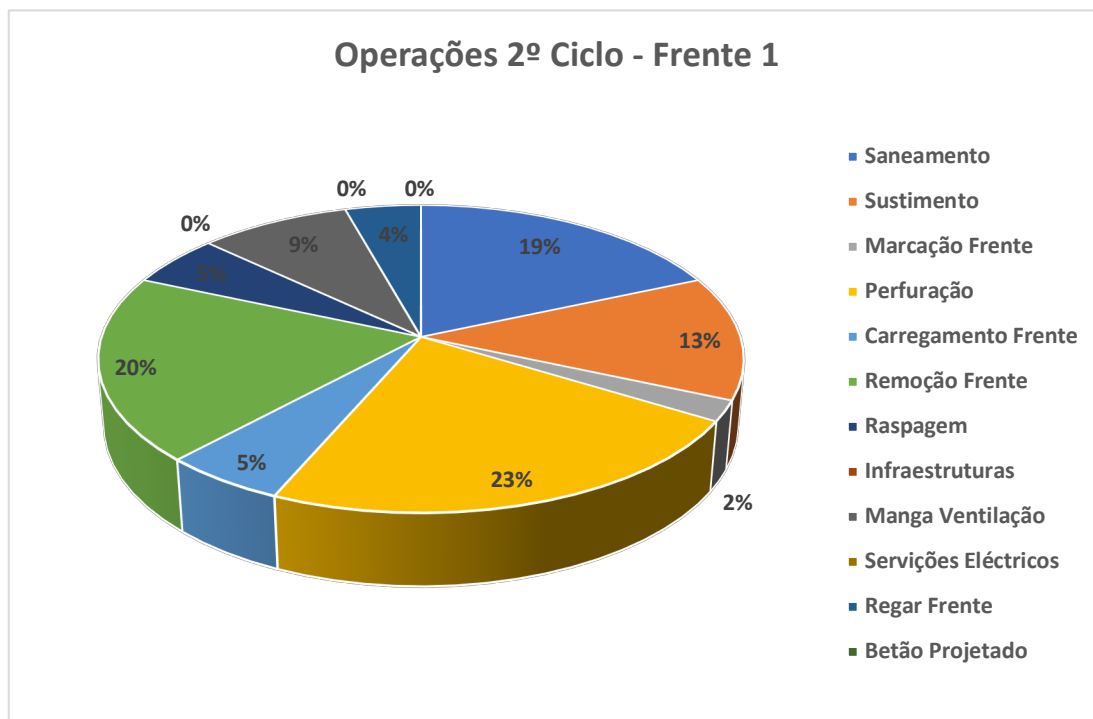


Ilustração 62 - Representação das Operações do 2º Ciclo da Frente 1

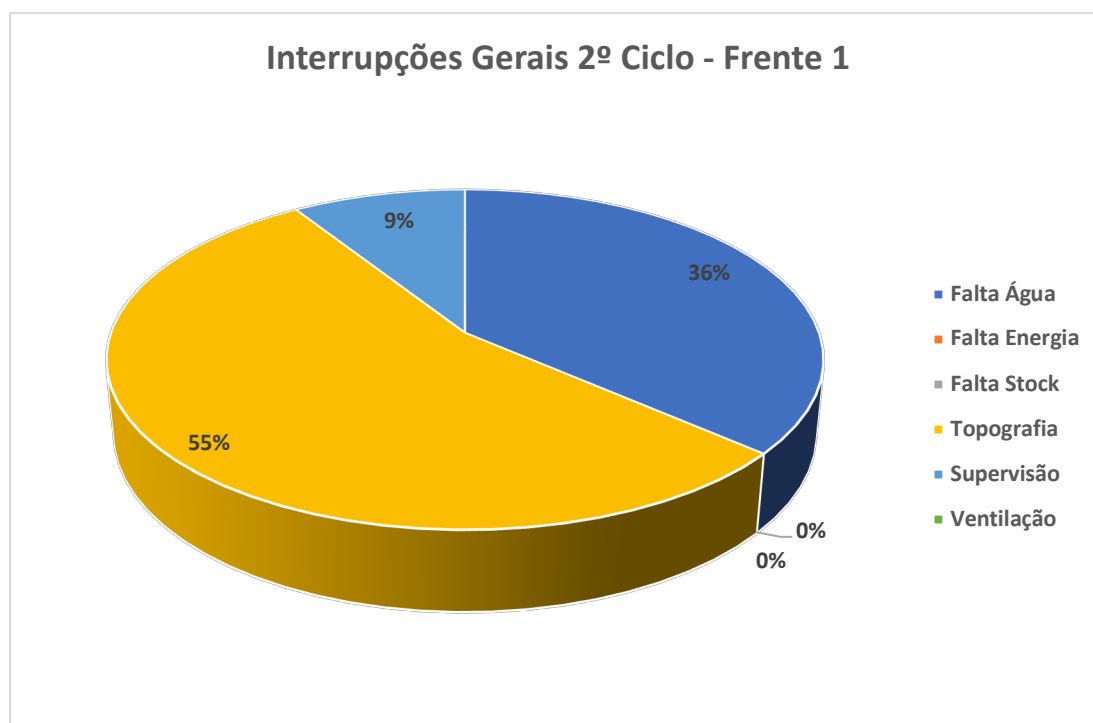


Ilustração 63 - Representação das Interrupções Gerais do 2º Ciclo da Frente 1

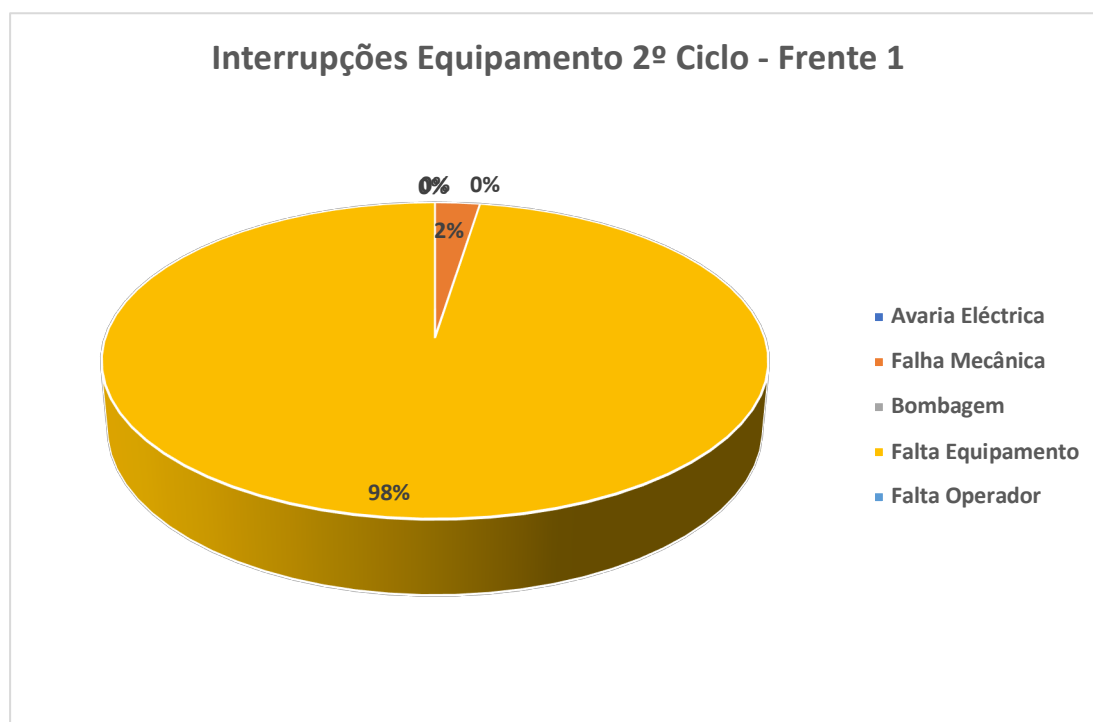


Ilustração 64 - Representação das Interrupções do 2º Ciclo da Frente 1

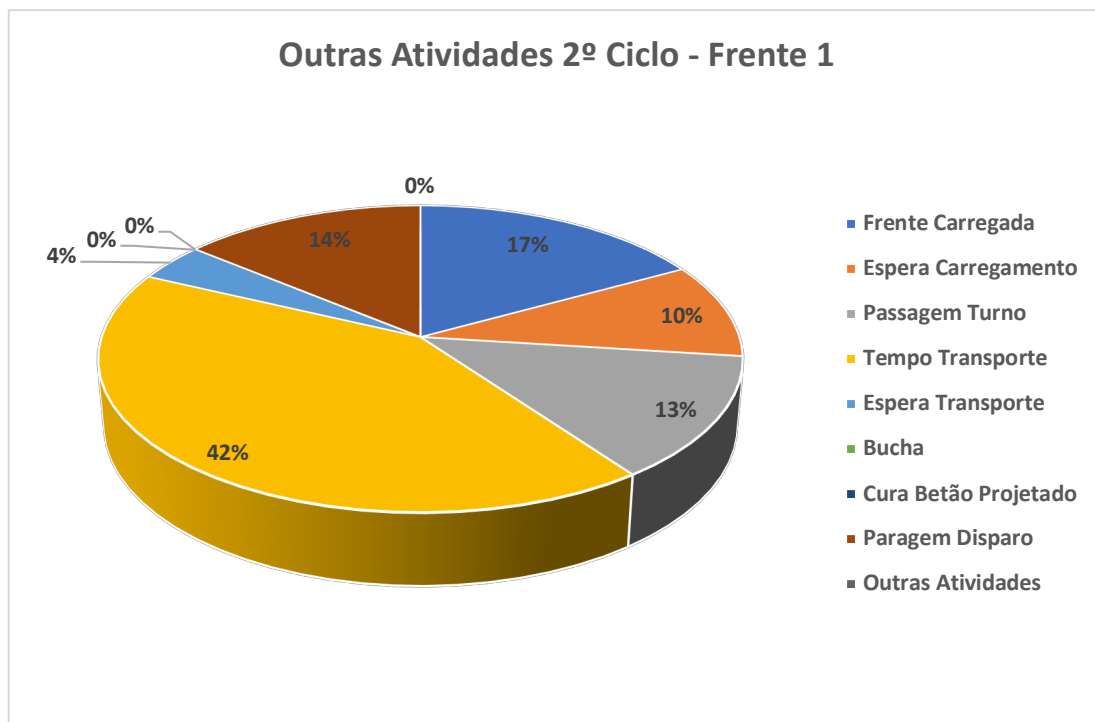


Ilustração 65 - Representação das Outras Atividades do 2º Ciclo da Frente 1

Anexo 4 - Gráficos 3º Ciclo Frente 1

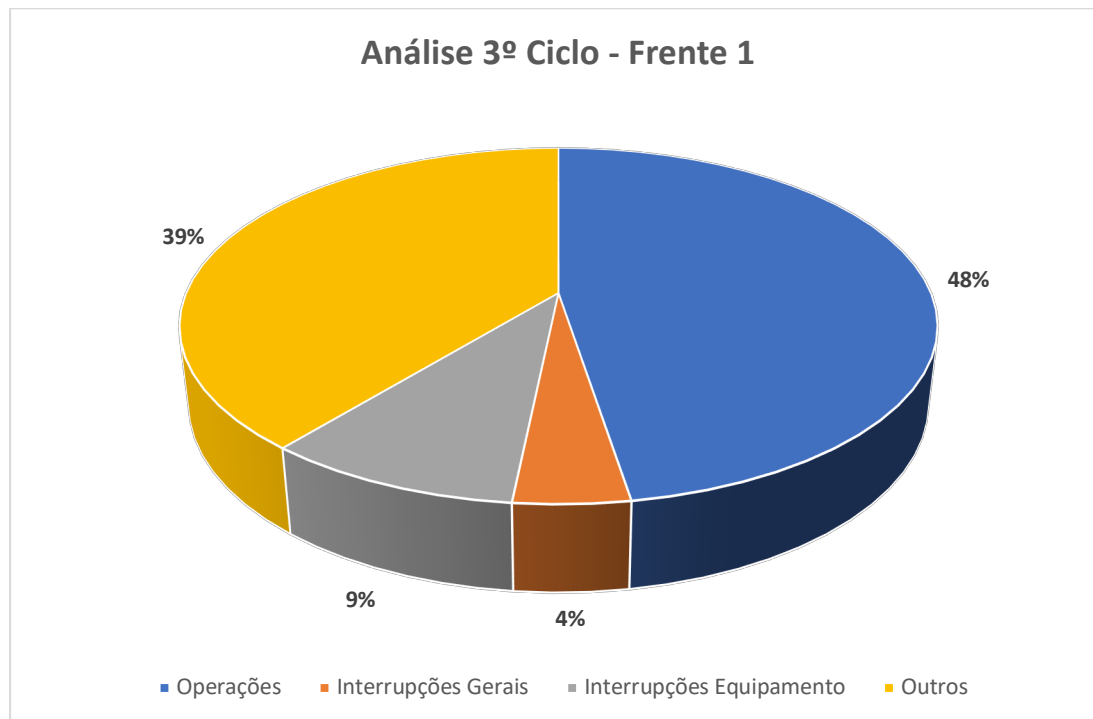


Ilustração 66 - Análise do 3º Ciclo da Frente 1

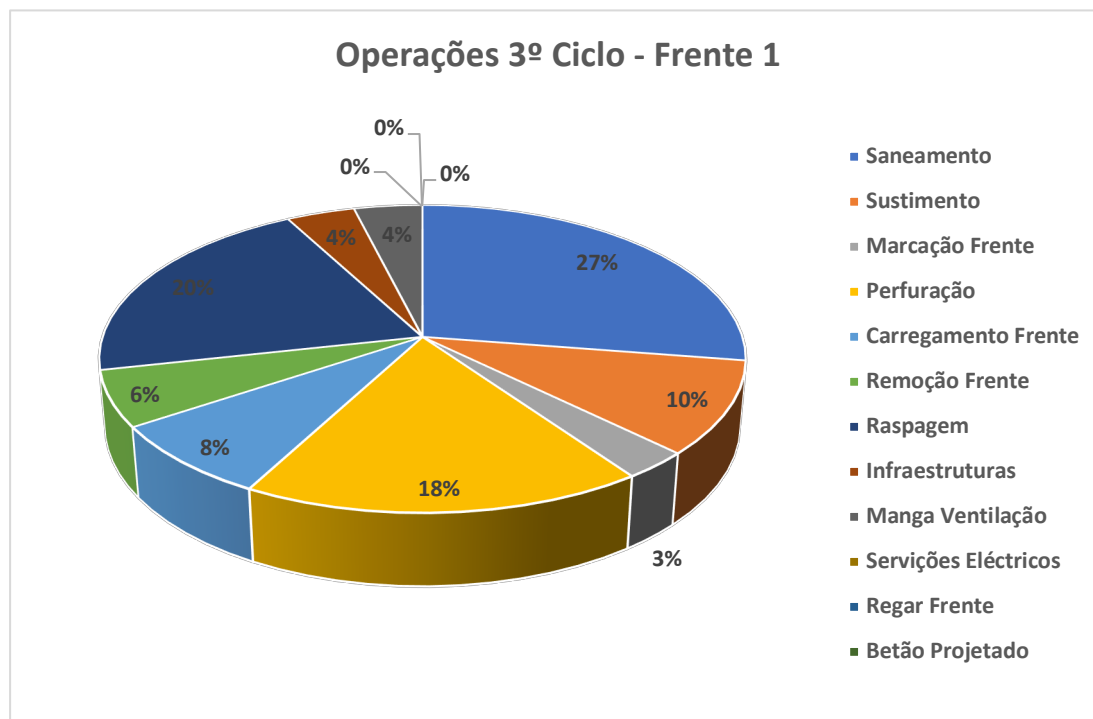


Ilustração 67 - Representação das Operações do 3º Ciclo da Frente 1

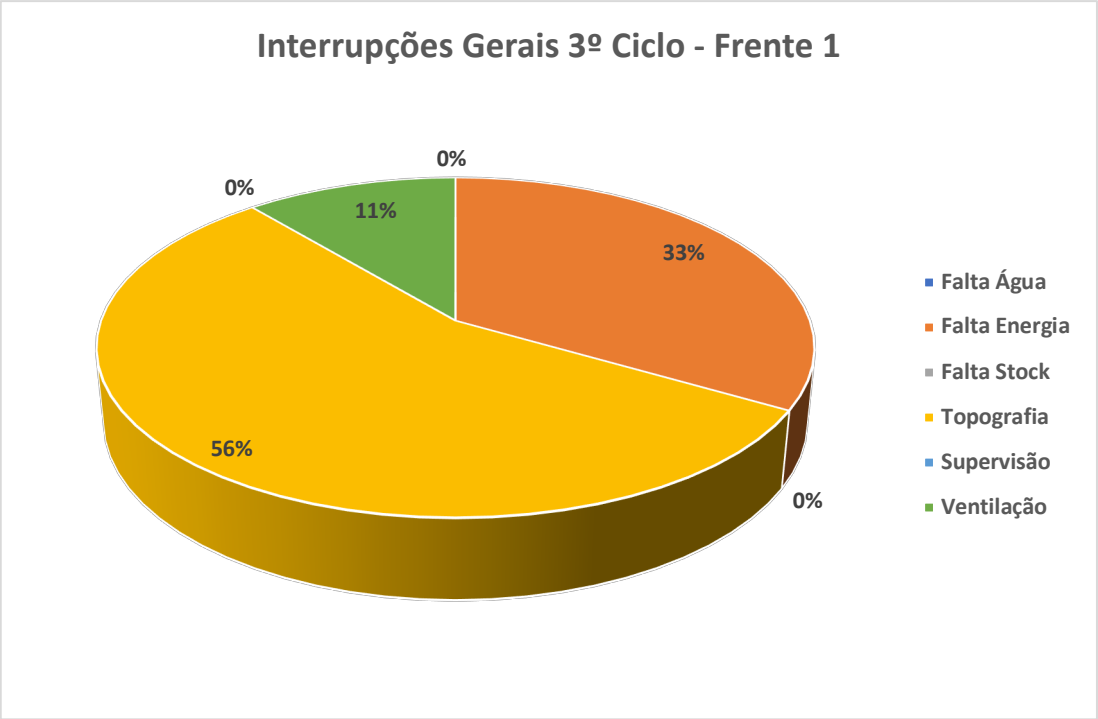


Ilustração 68 - Representação das Interrupções Gerais do 3º Ciclo da Frente 1

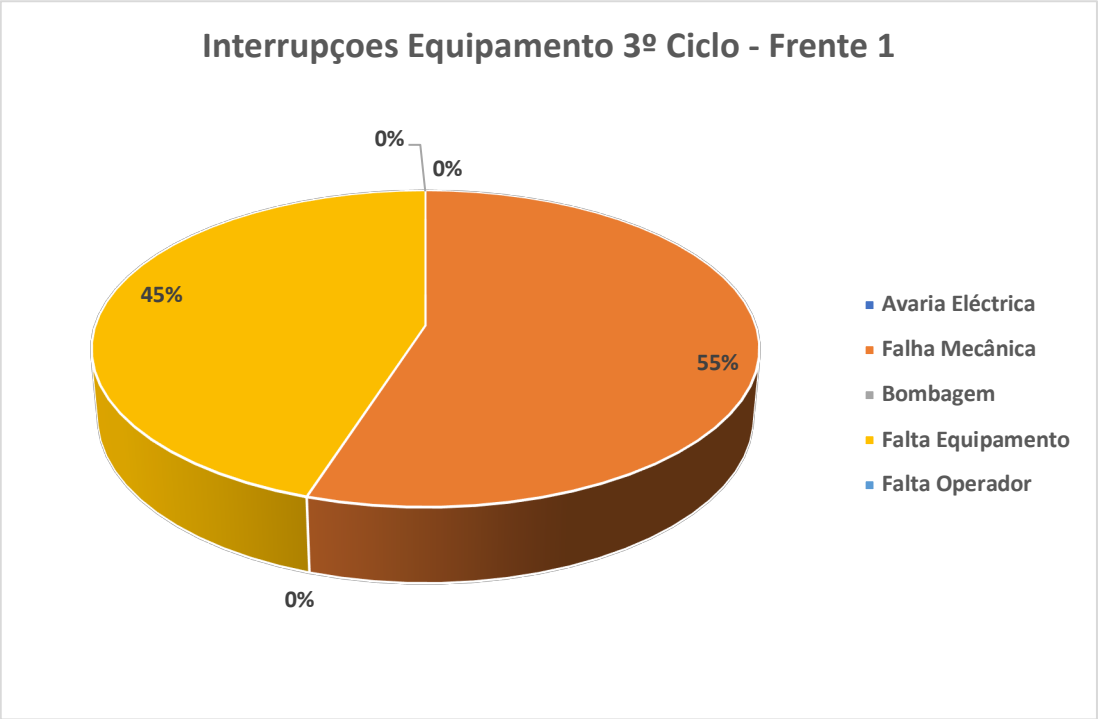


Ilustração 69 - Representação das Interrupções de Equipamento da Frente 1

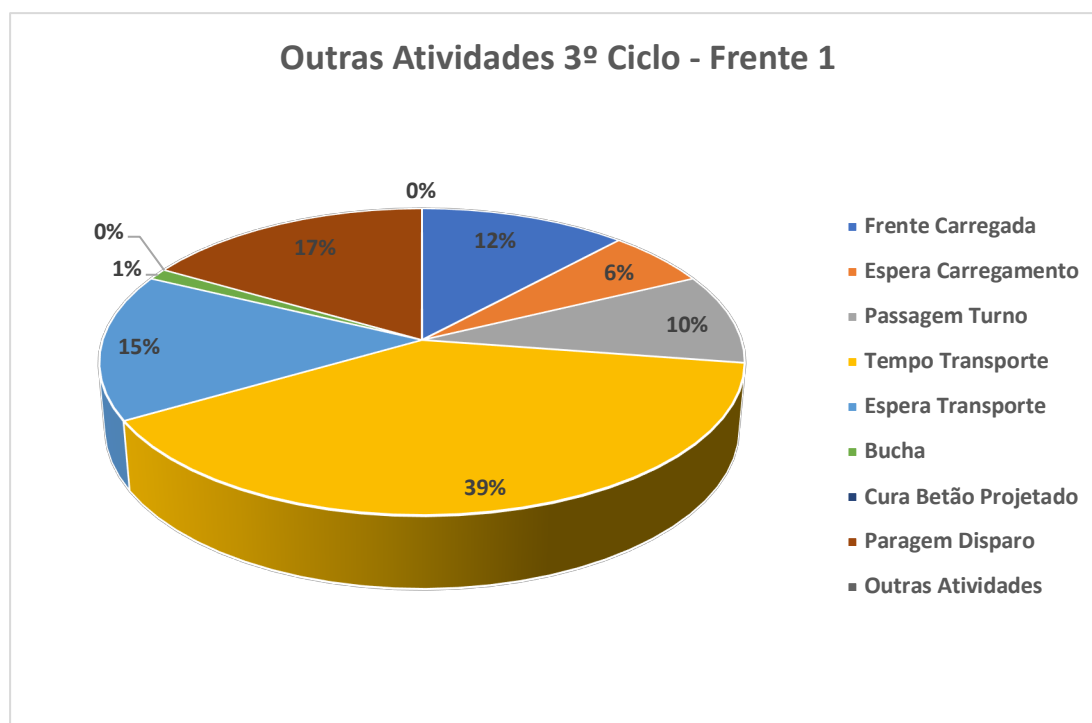


Ilustração 70 - Representação de Outras Atividades do 3º Ciclo da Frente 1

Anexo 5 - Gráficos 4º Ciclo Frente 1

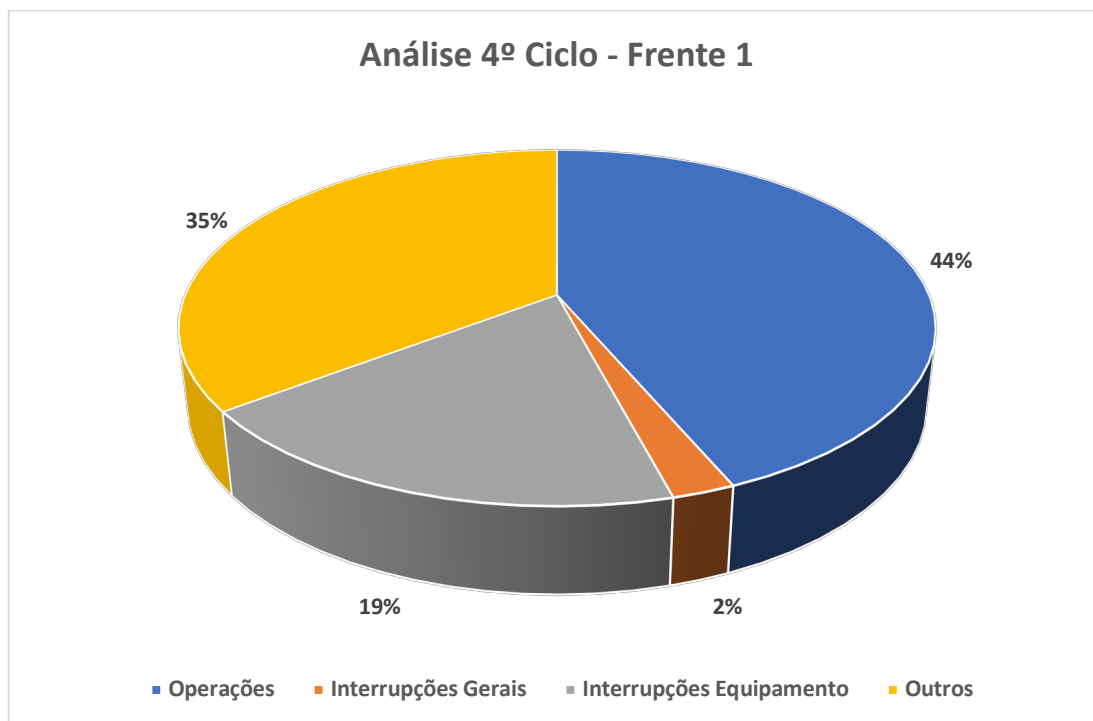


Ilustração 71 - Análise do 4º Ciclo da Frente 1

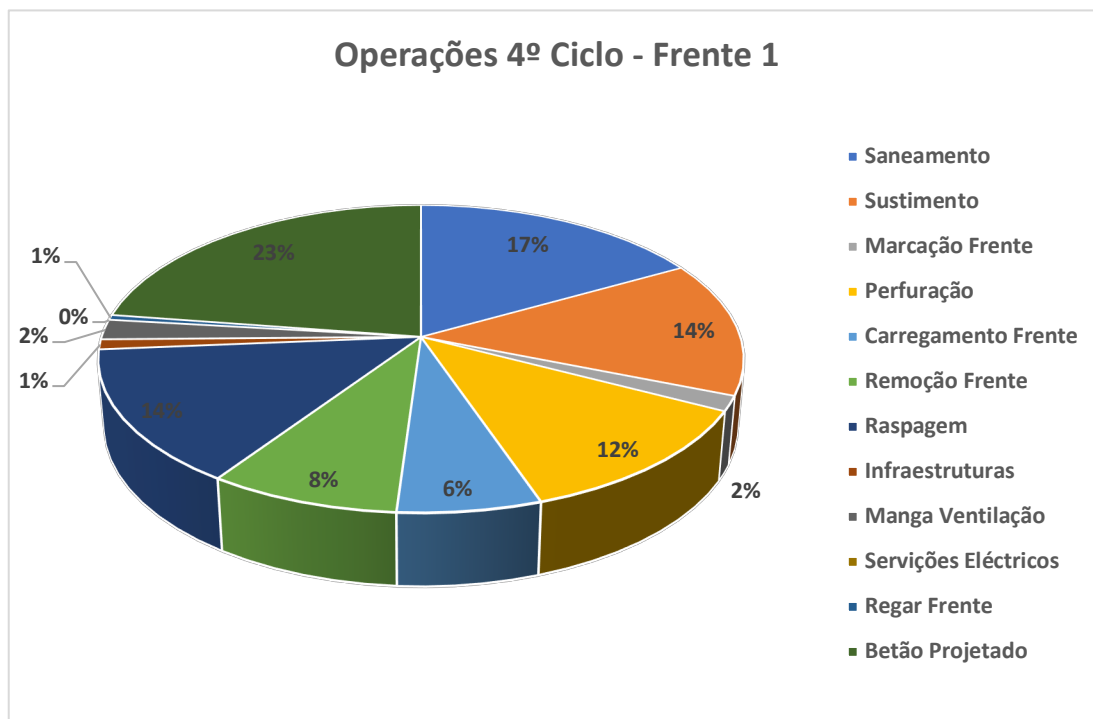


Ilustração 72 - Representação das Operações do 4º Ciclo da Frente 1

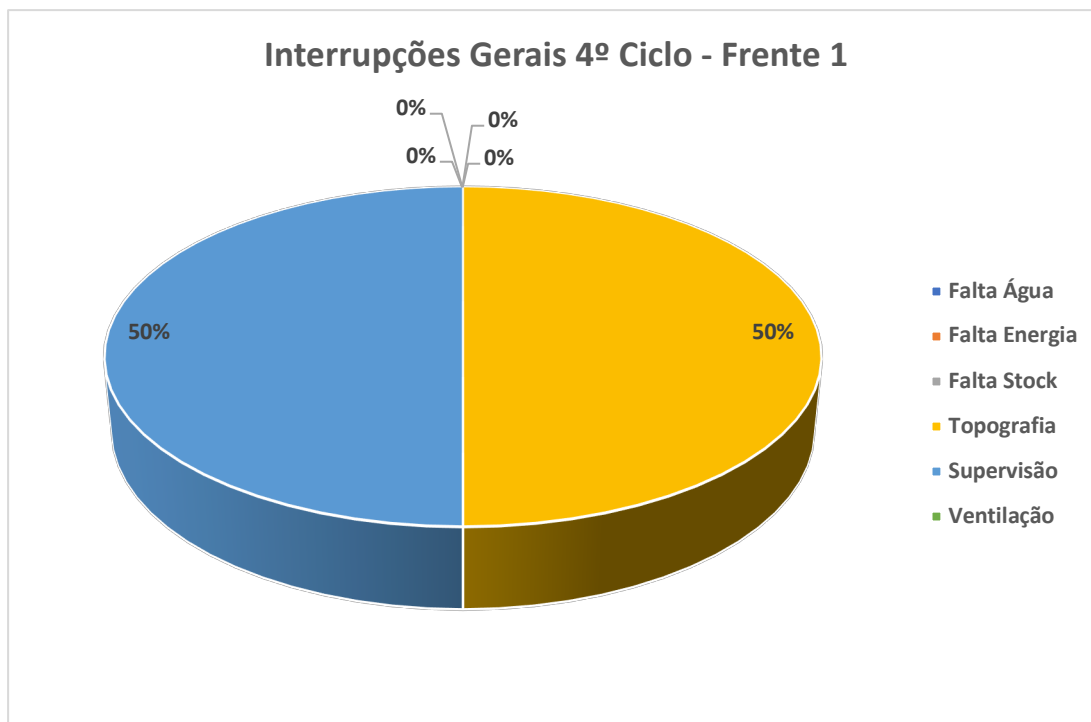


Ilustração 73 - Representação das Interrupções Gerais do 4º Ciclo da Frente 1

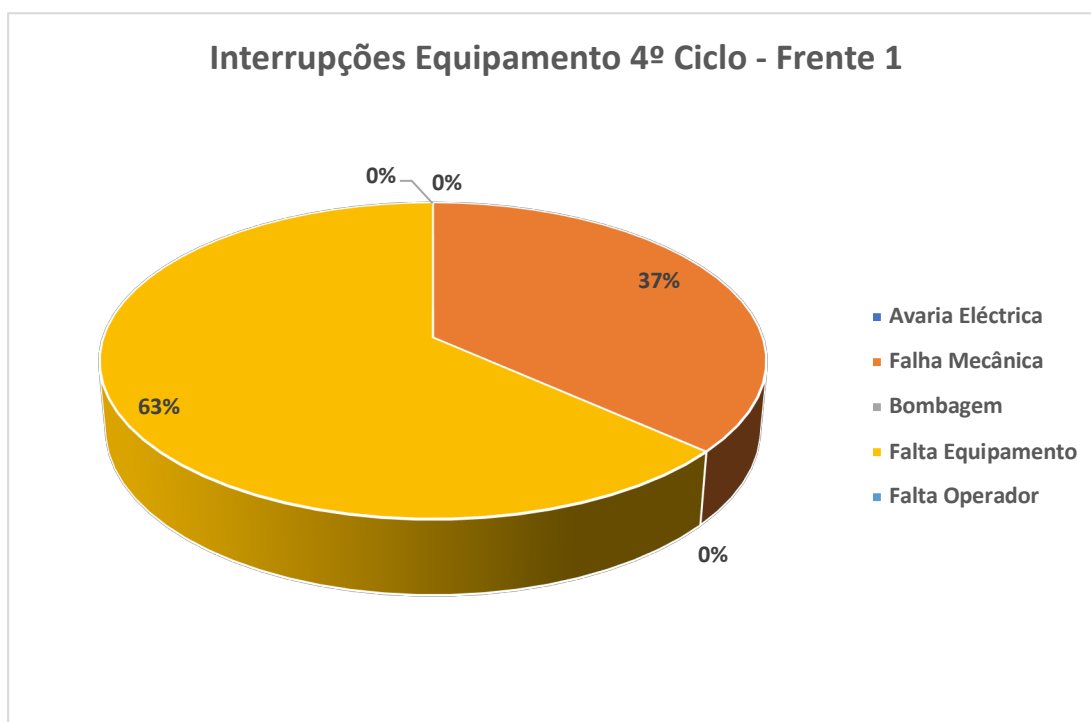


Ilustração 74 - Representação das Interrupções Equipamento do 4º Ciclo da Frente 1

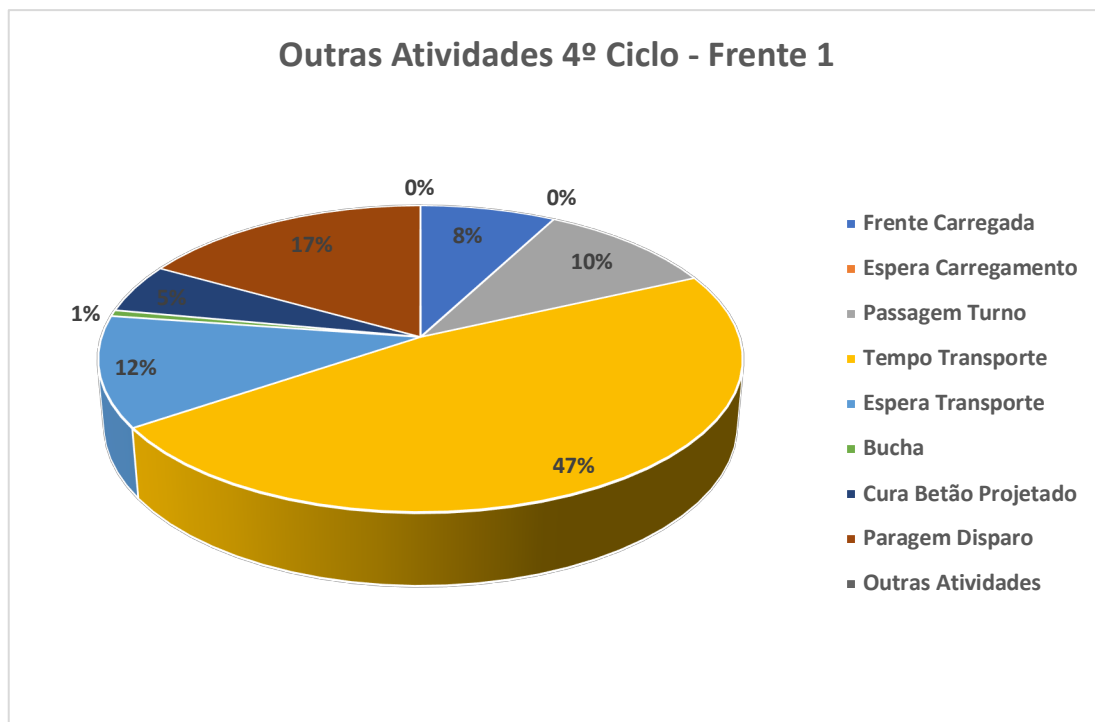


Ilustração 75 - Representação de Outras Atividades do 4º Ciclo da Frente 1

Anexo 6 - Gráficos 5º Ciclo Frente 1

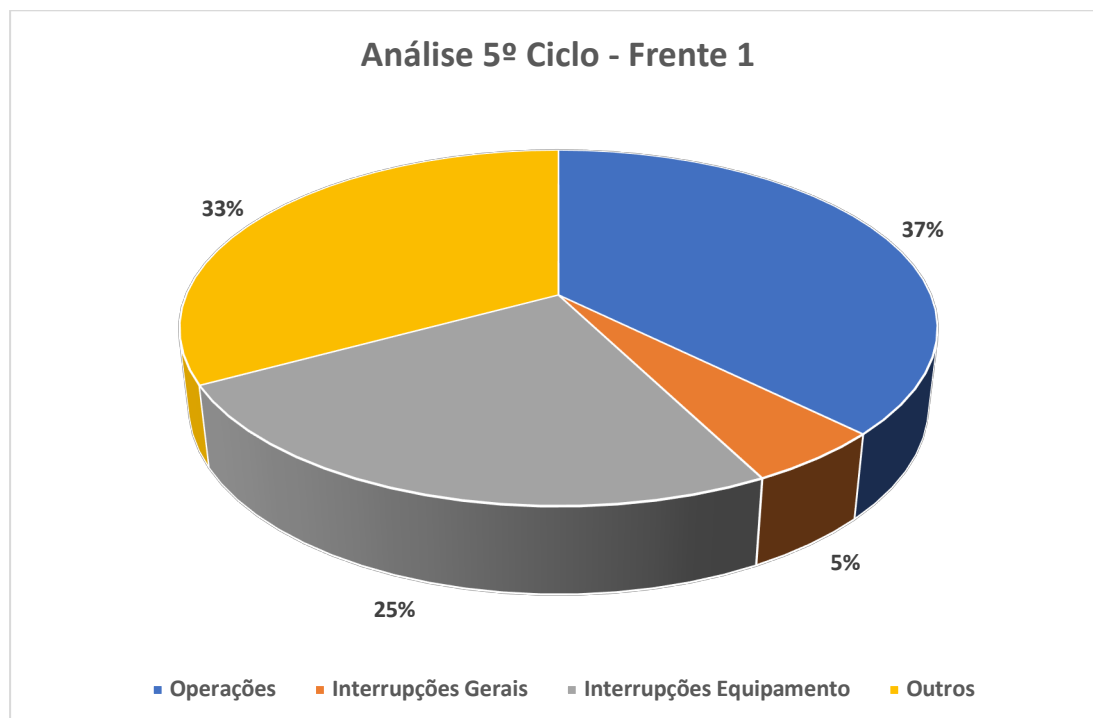


Ilustração 76 - Análise do 5º Ciclo da Frente 1

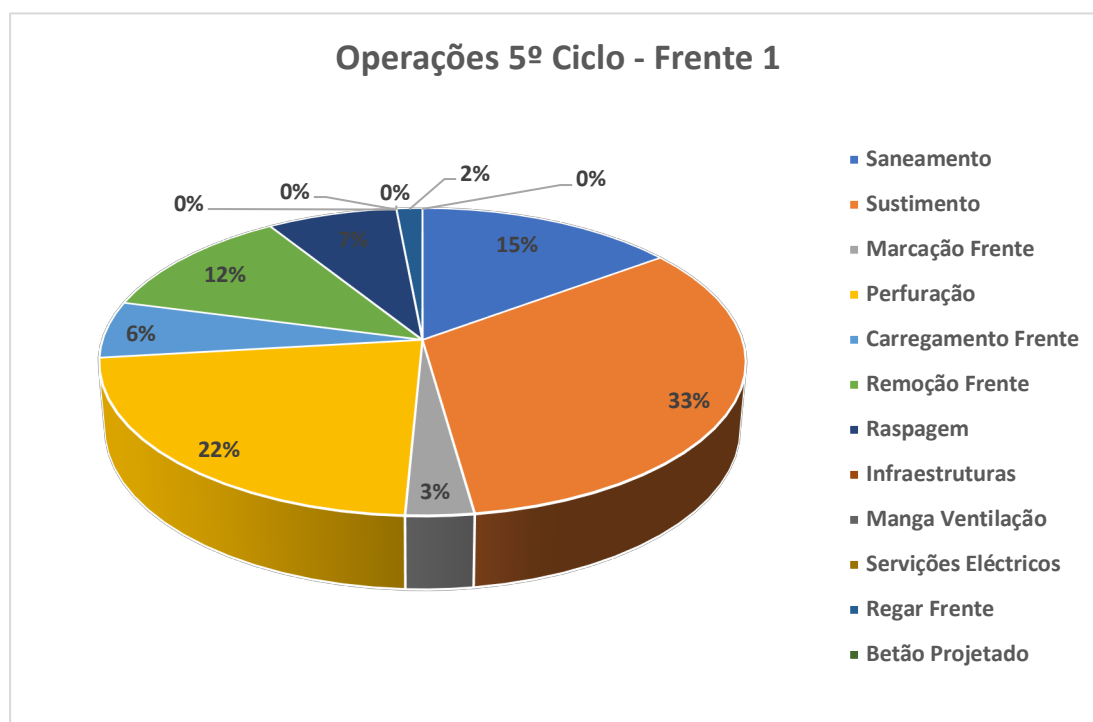


Ilustração 77 - Representação das Operações do 5º Ciclo da Frente 1

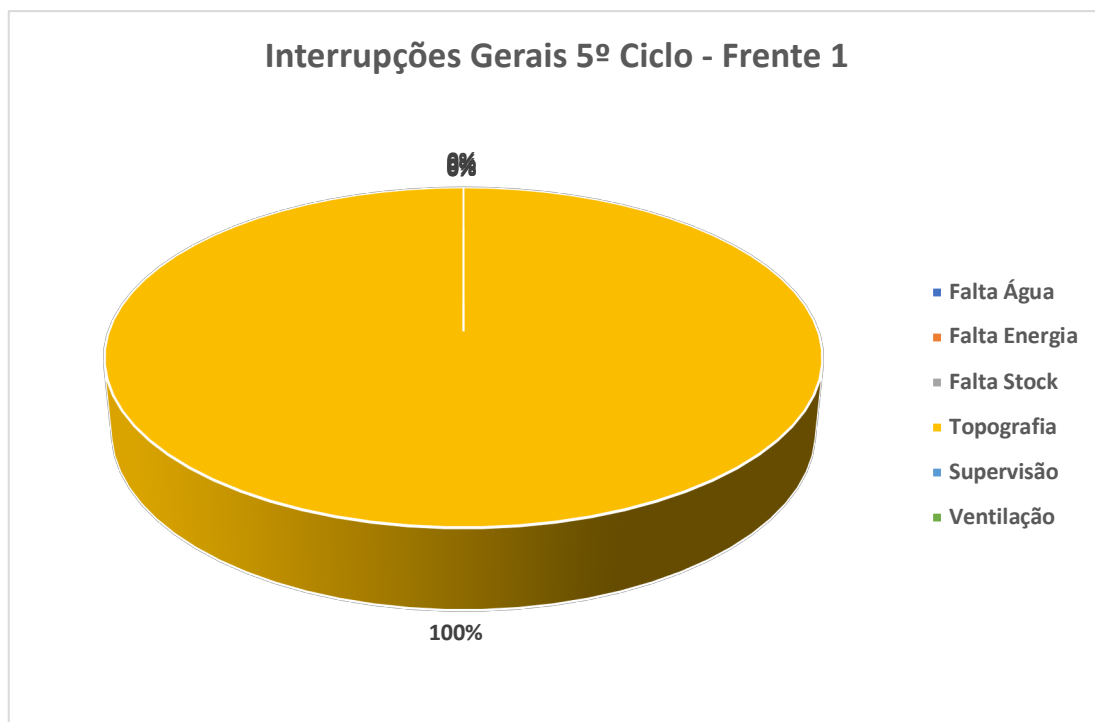


Ilustração 78 - Representação das Interrupções Gerais do 5º Ciclo da Frente 1

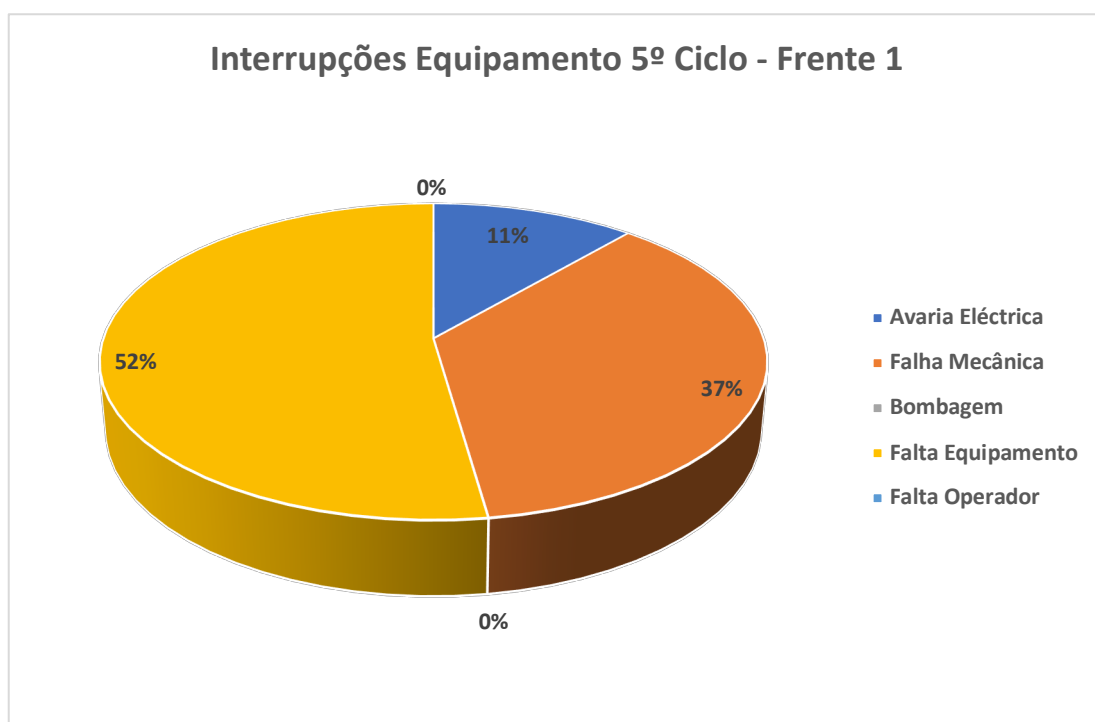


Ilustração 79 - Representação das Interrupções Equipamento do 5º Ciclo da Frente 1

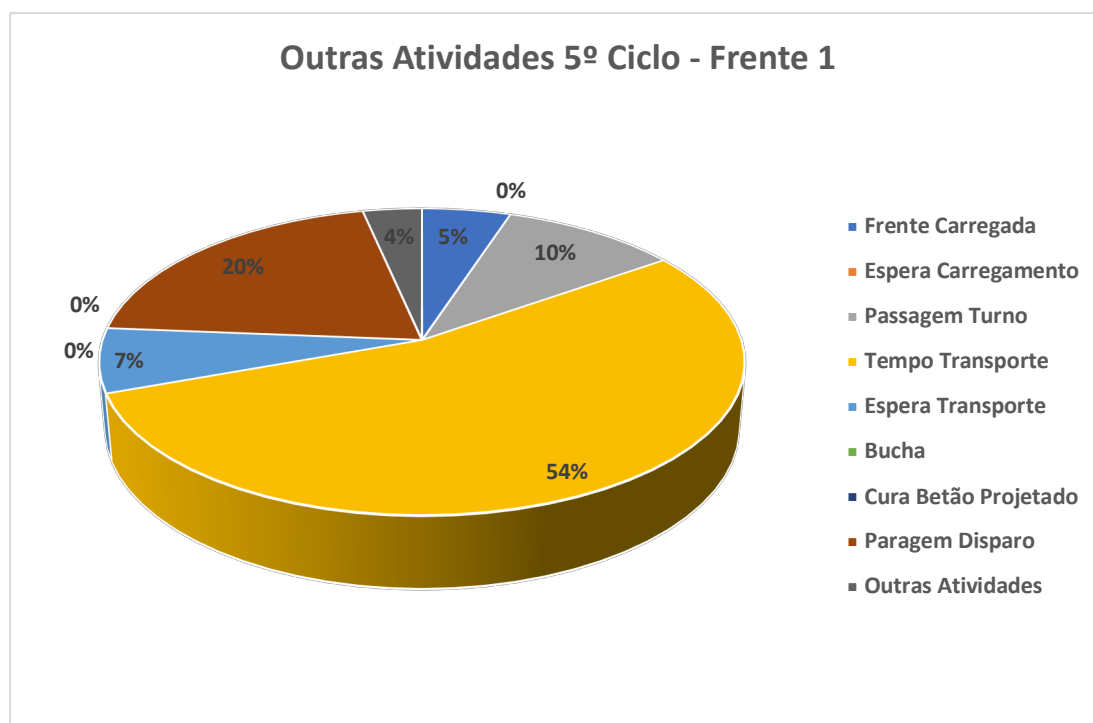


Ilustração 80 - Representação de Outras Atividades do 5º Ciclo da Frente 1

Anexo 7 - Gráficos 6º Ciclo Frente 1

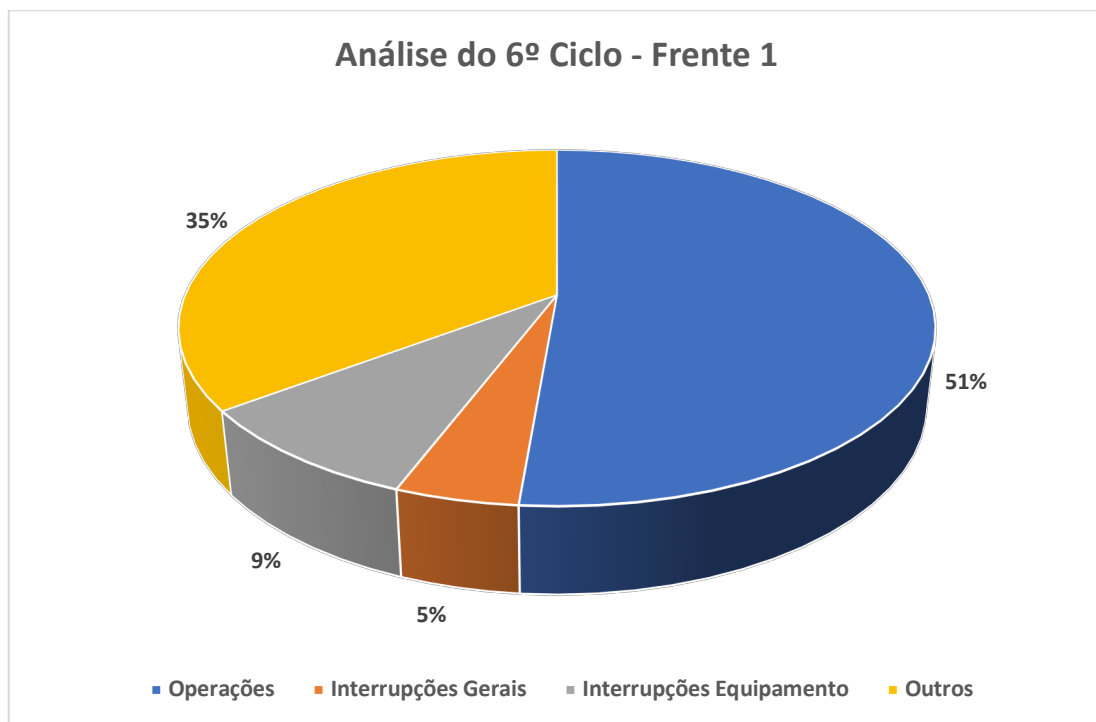


Ilustração 81 - Análise do 6º Ciclo da Frente 1

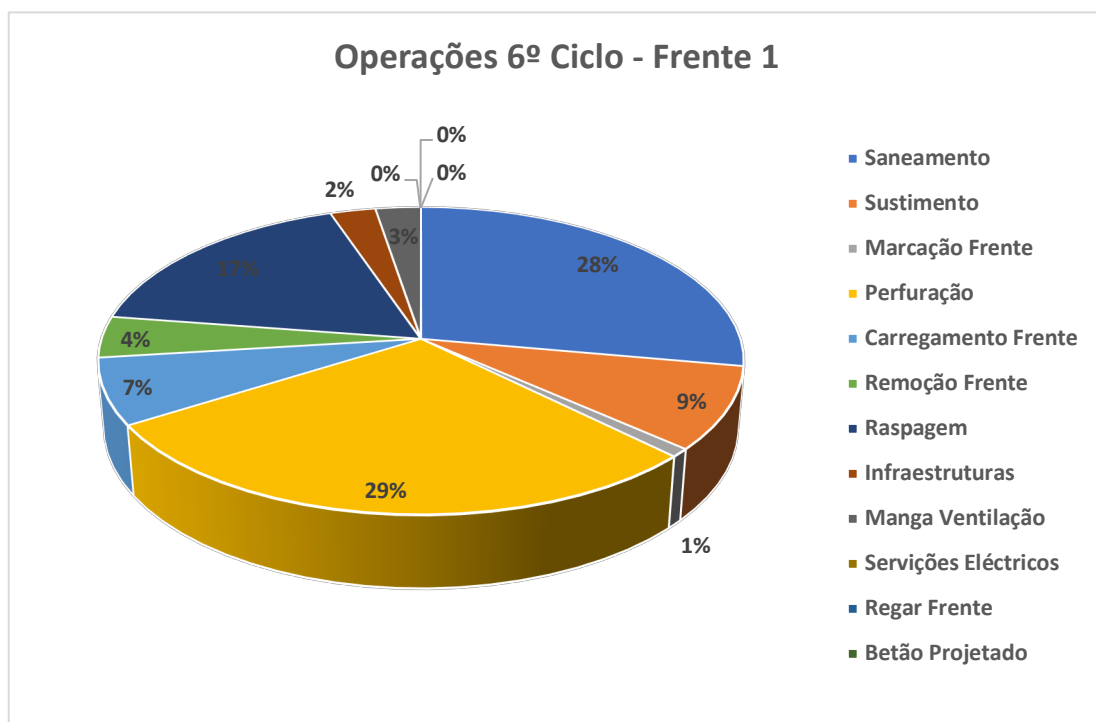


Ilustração 82 - Representação das Operações do 6º Ciclo da Frente 1

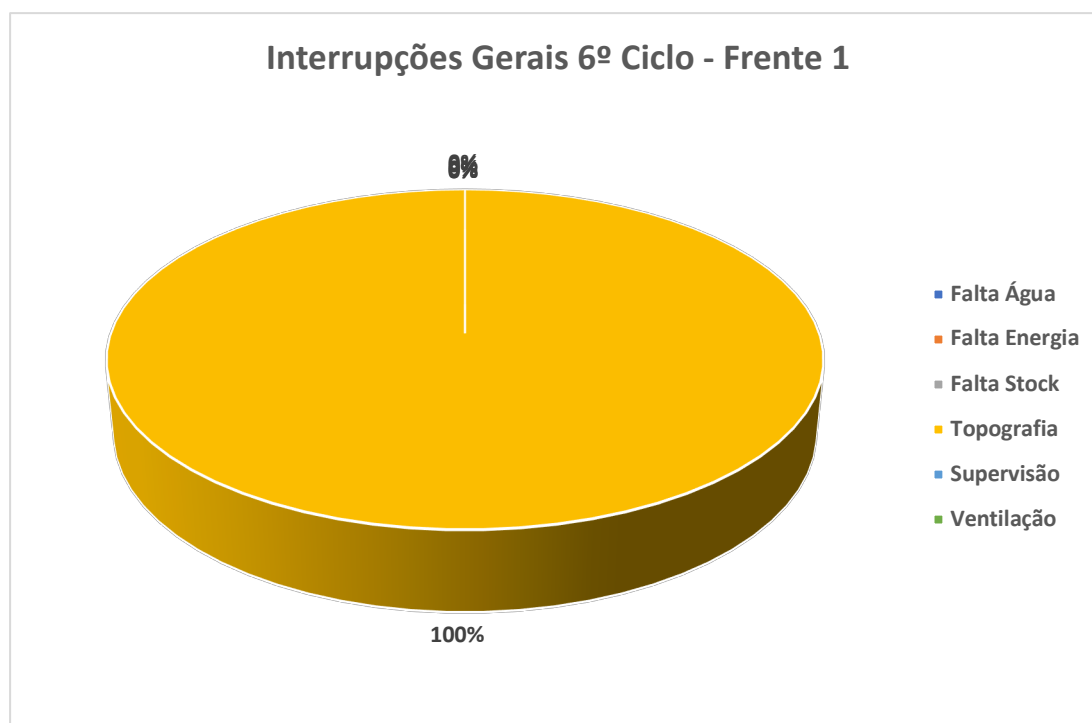


Ilustração 83 - Representação das Interrupções Gerais do 6º Ciclo da Frente 1

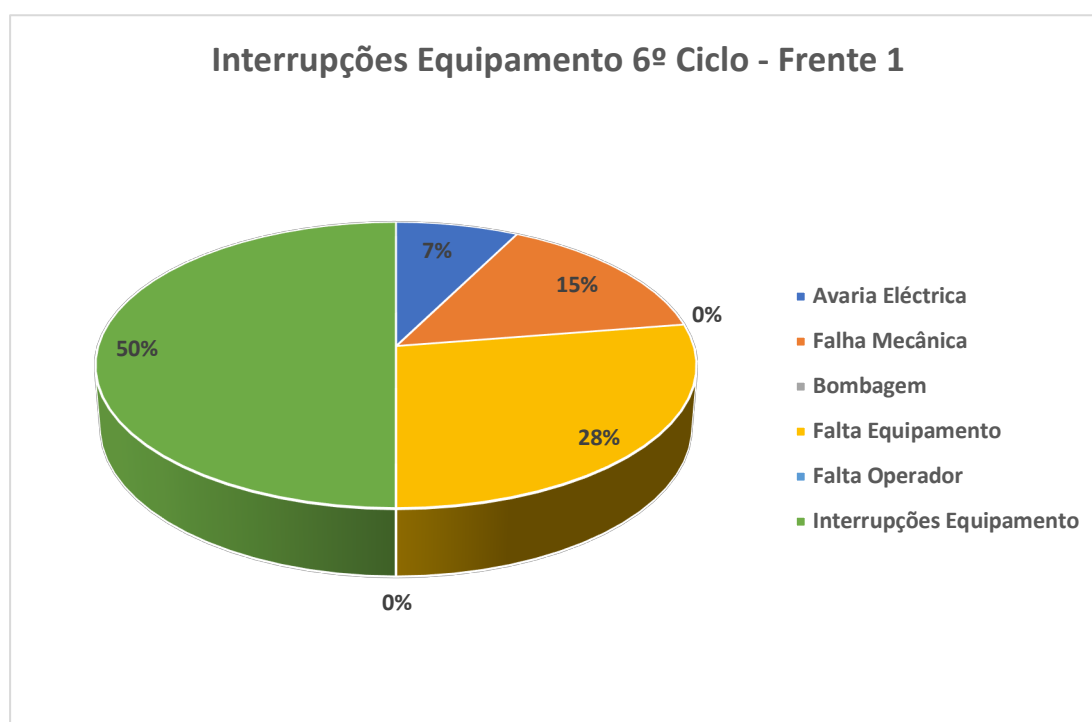


Ilustração 84 - Representação das Interrupções Equipamento do 6º Ciclo da Frente 1

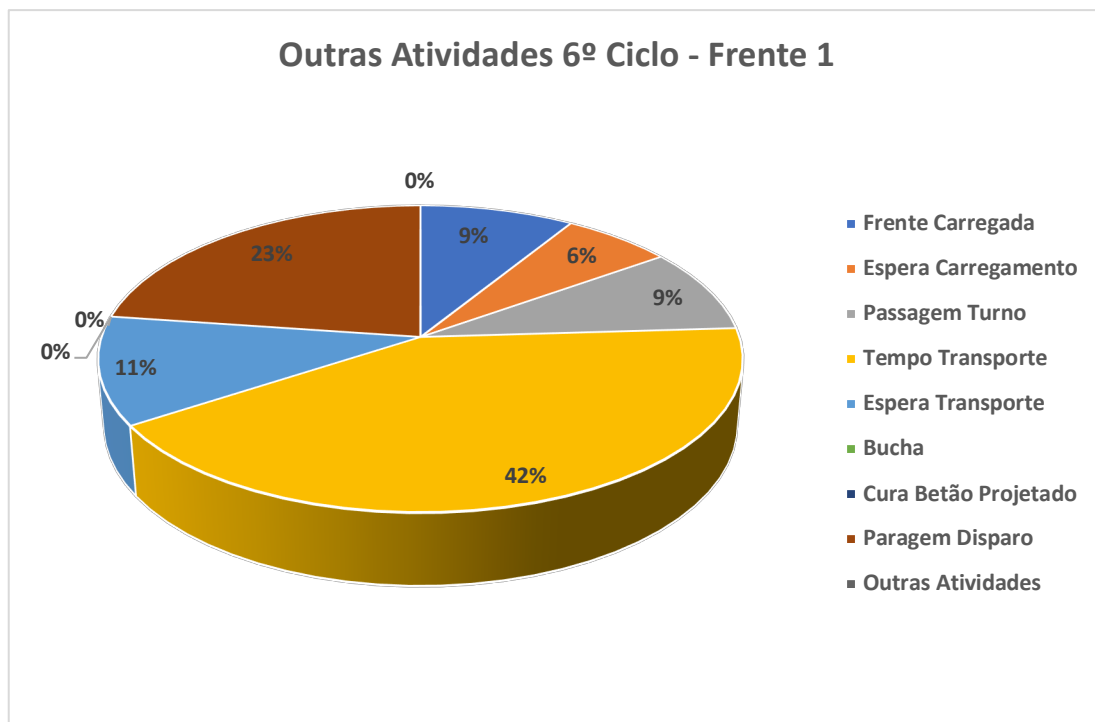


Ilustração 85 - Representação de Outras Atividades do 6º Ciclo da Frente 1

Anexo 8 - Gráficos 7º Ciclo Frente 1

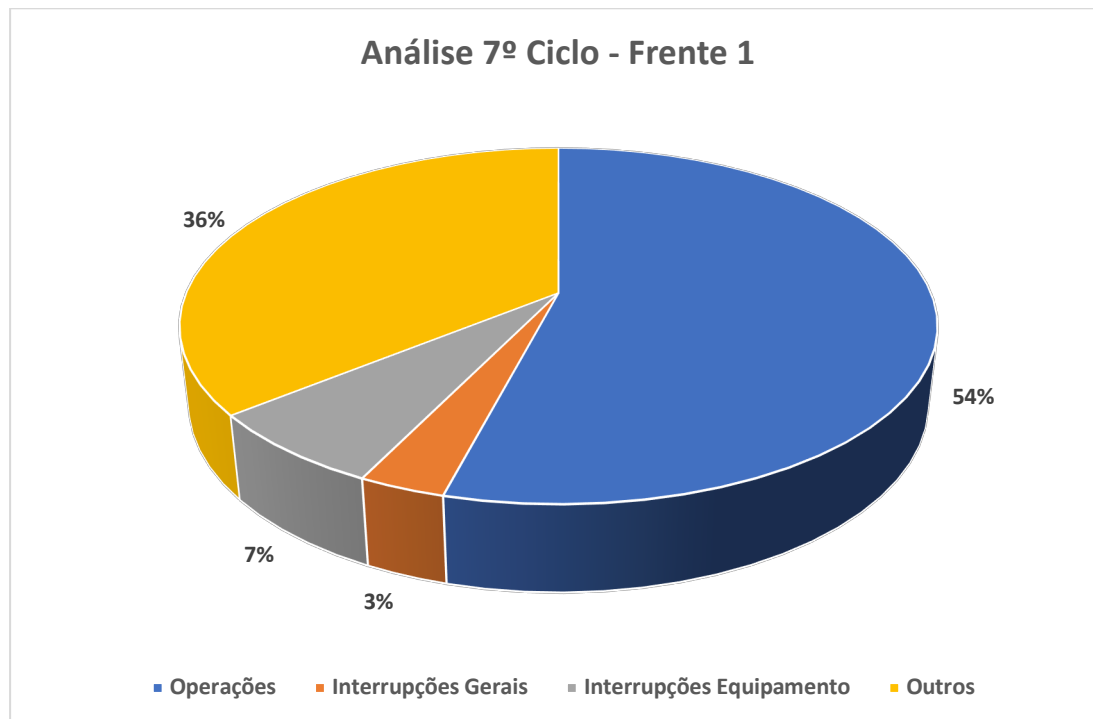


Ilustração 86 - Análise do 7º Ciclo da Frente 1

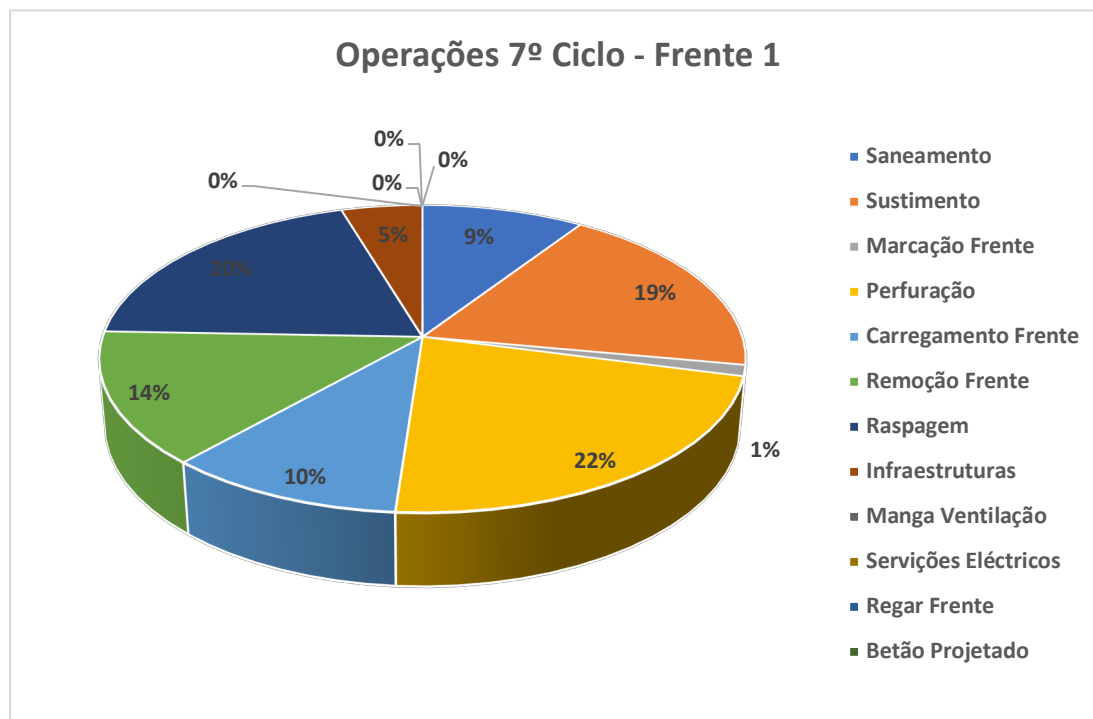


Ilustração 87 - Representação das Operações do 7º Ciclo da Frente 1

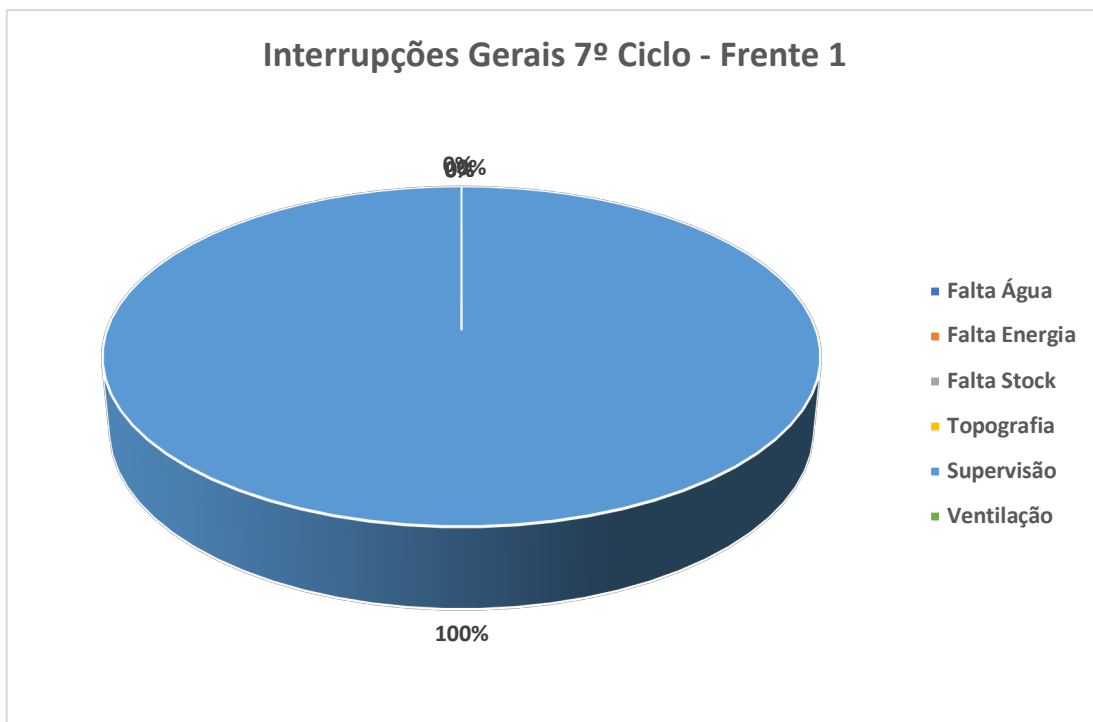


Ilustração 88 - Representação das Interrupções Gerais do 7º Ciclo da Frente 1

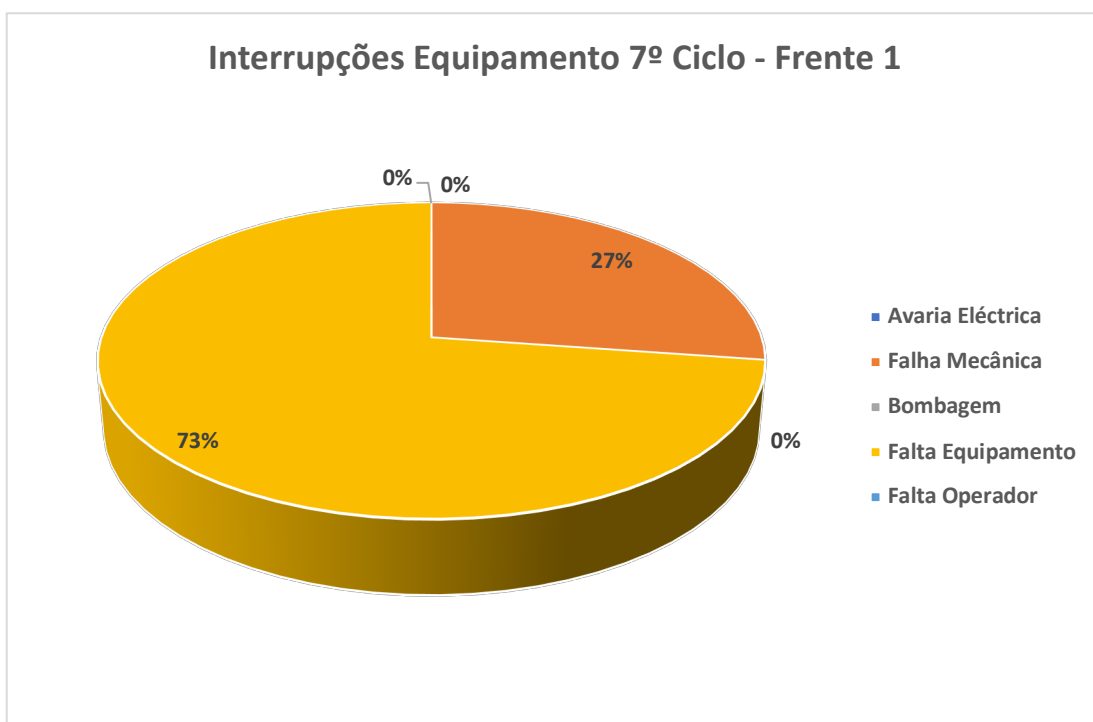


Ilustração 89 - Interrupções Gerais do 7º Ciclo da Frente 1

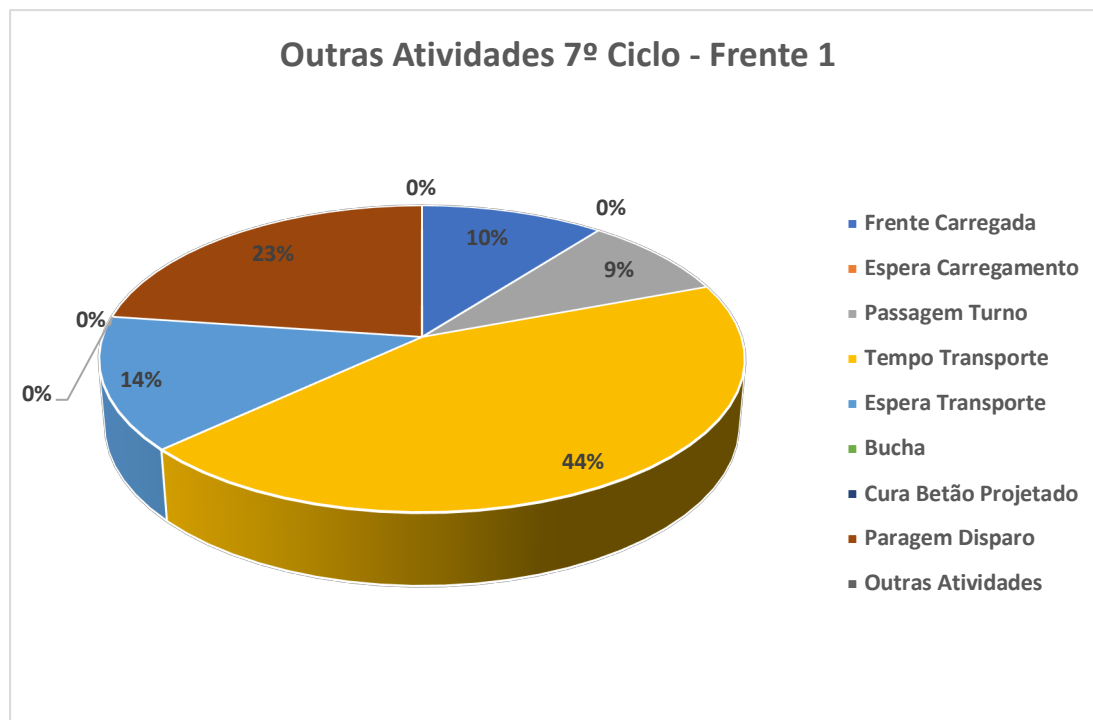


Ilustração 90 - Representação das Outras Atividades do 7º Ciclo da Frente 1

Anexo 9 - Gráficos 8º Ciclo Frente 1

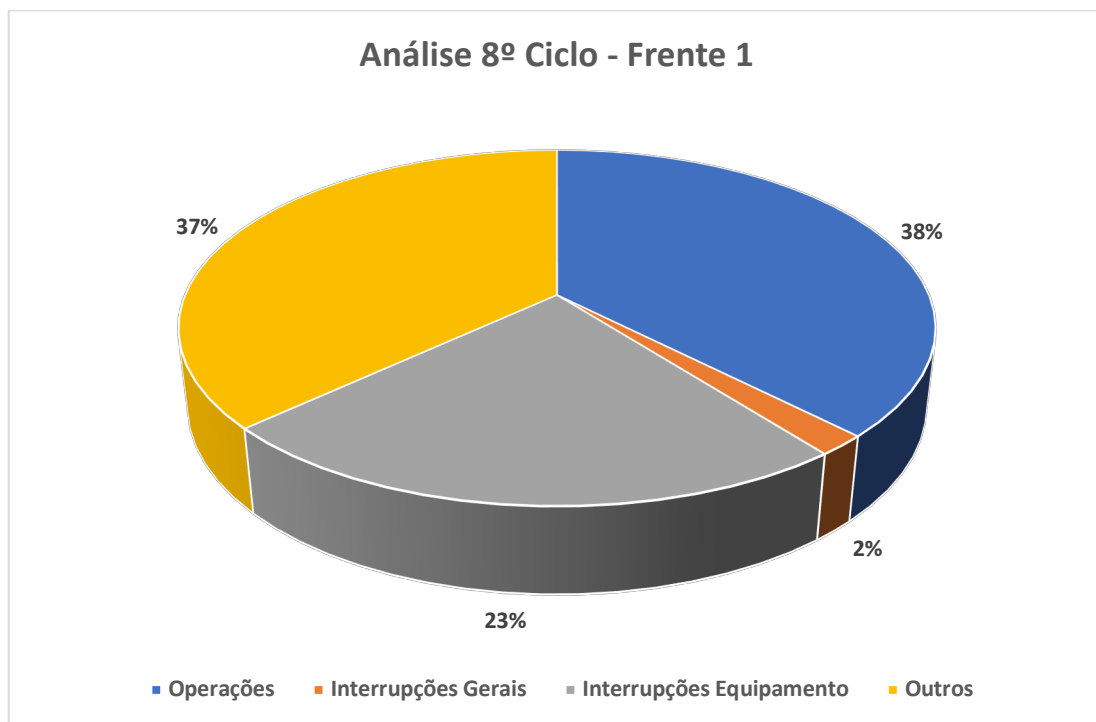


Ilustração 91 - Análise do 8º Ciclo da Frente 1

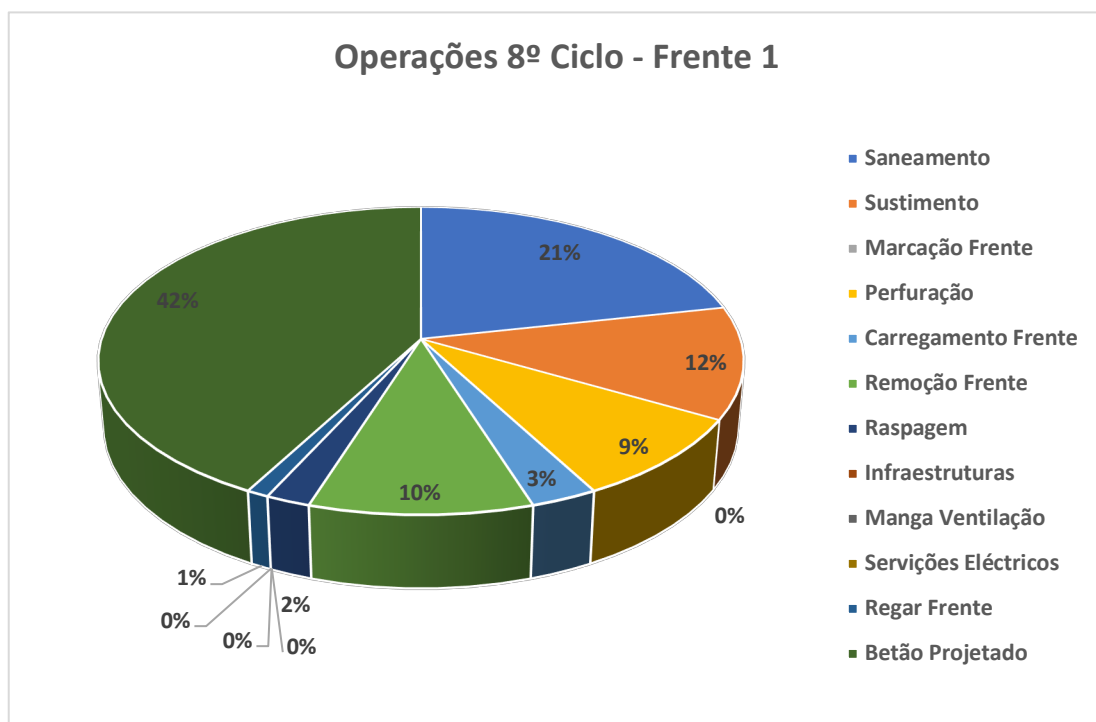


Ilustração 92 - Representação das Operações do 8º Ciclo da Frente 1

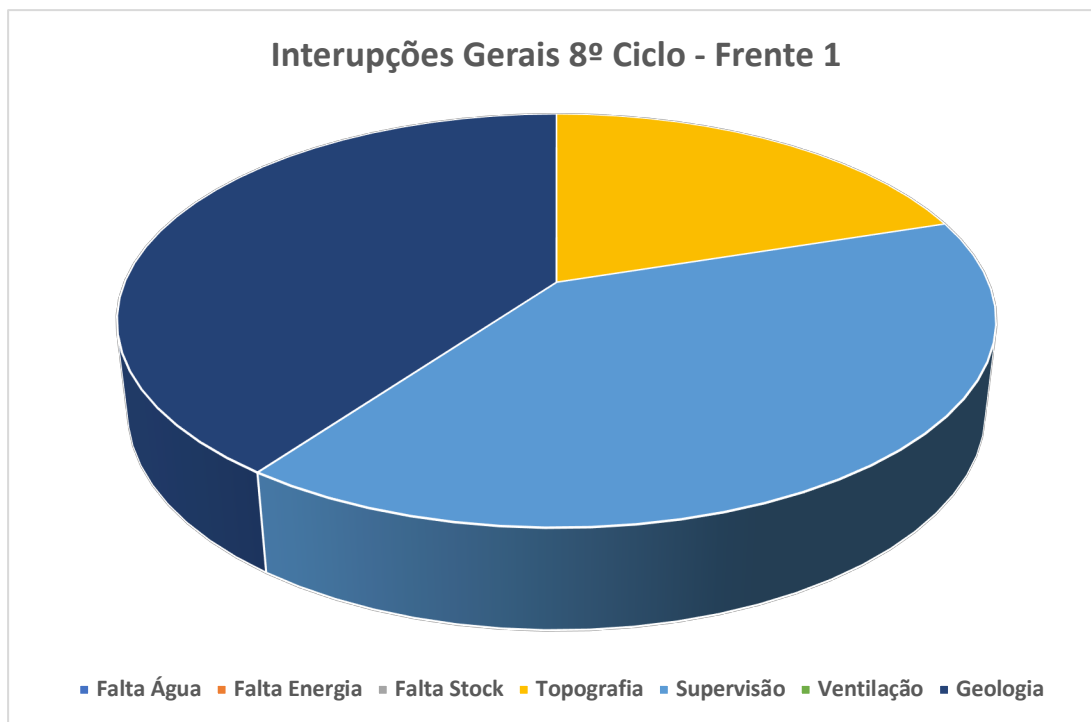


Ilustração 93 - Representação das Interrupções Gerais do 8º Ciclo da Frente 1

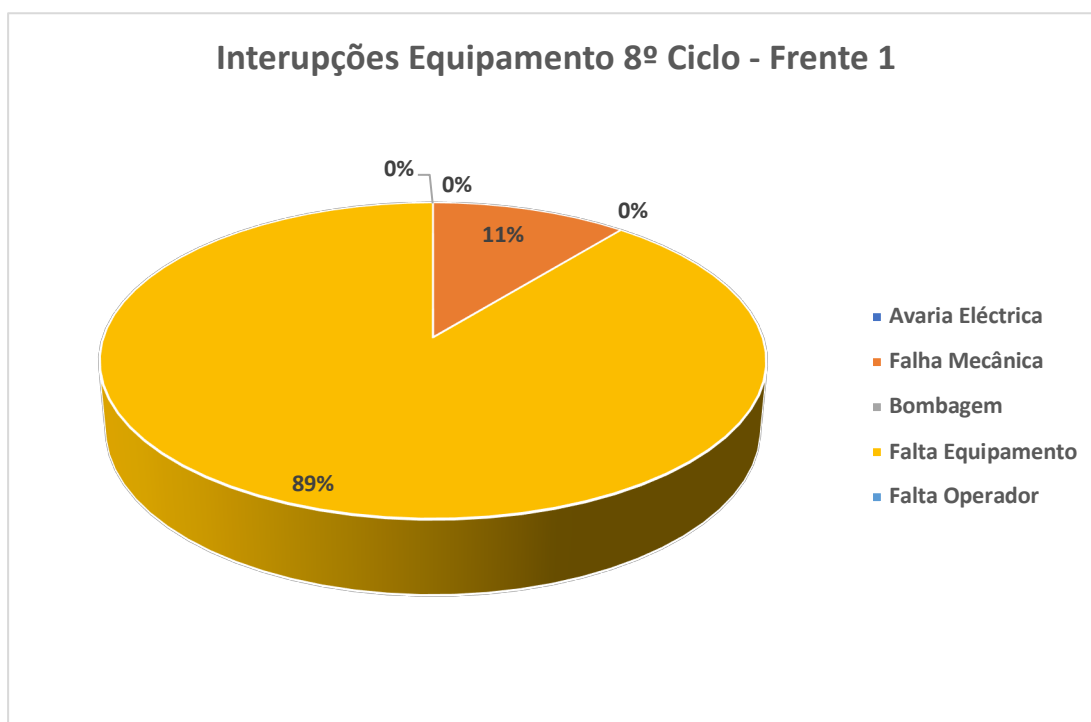


Ilustração 94 - Representação das Interrupções de Equipamento do 8º Ciclo da Frente 1

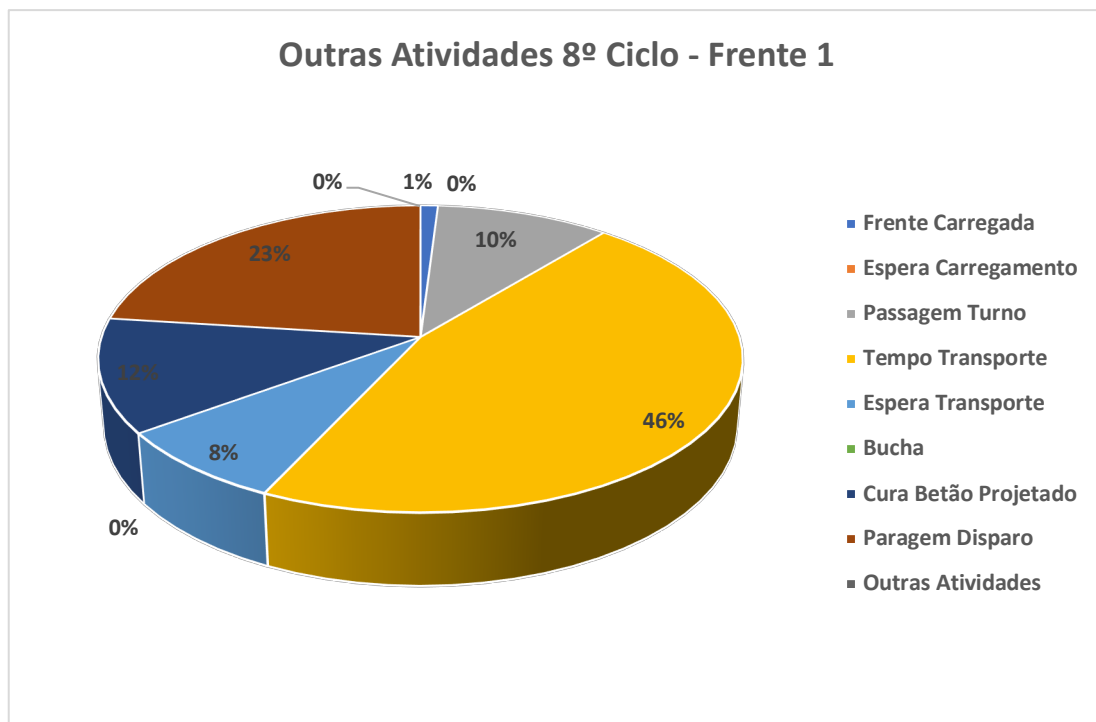


Ilustração 95 - Representação das Outras Atividades do 8º Ciclo da Frente 1

Anexo 10 - Gráficos 9º Ciclo Frente 1

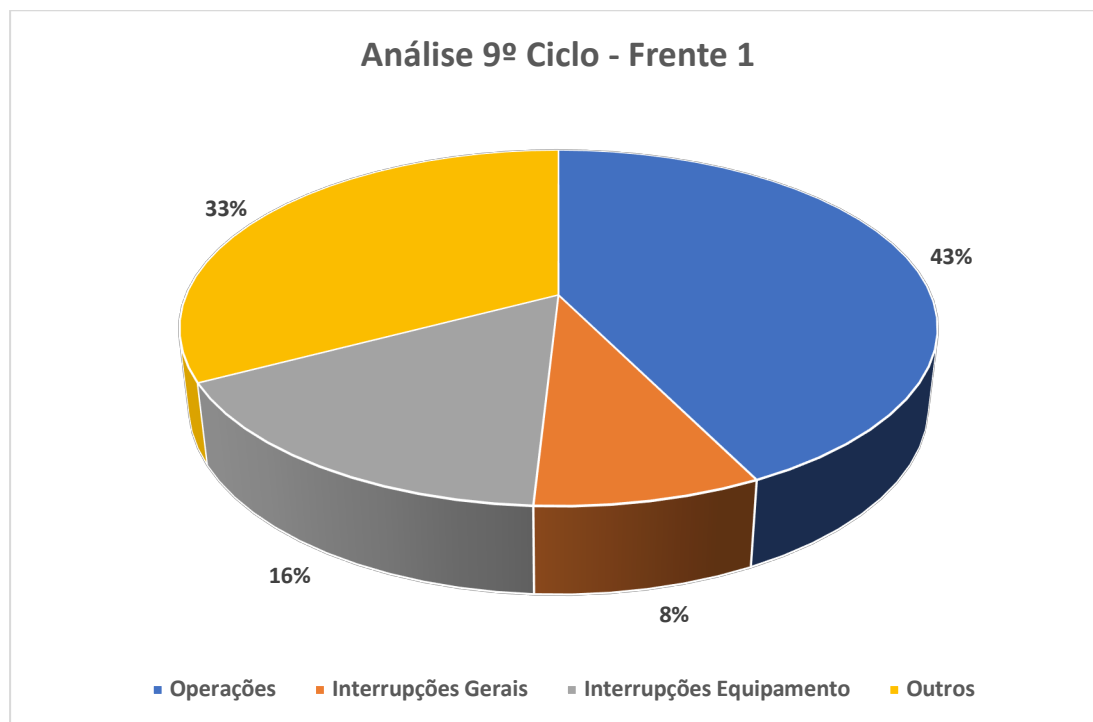


Ilustração 96 - Análise do 9º Ciclo da Frente 1

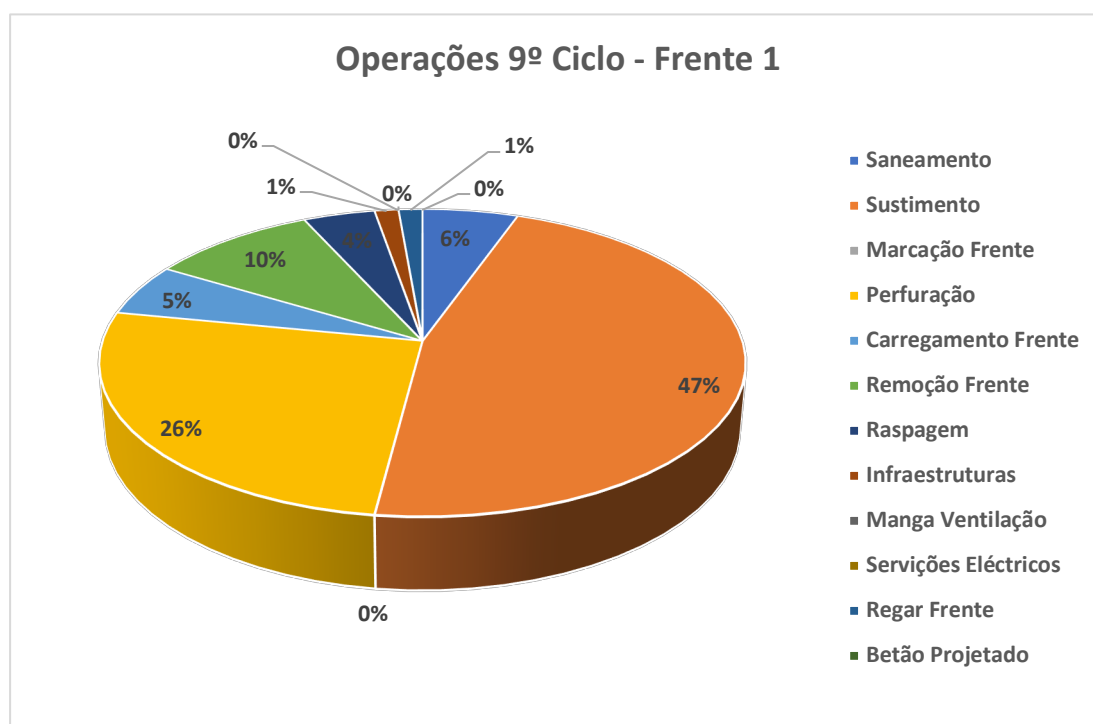


Ilustração 97 - Representação das Operações do 9º Ciclo da Frente 1

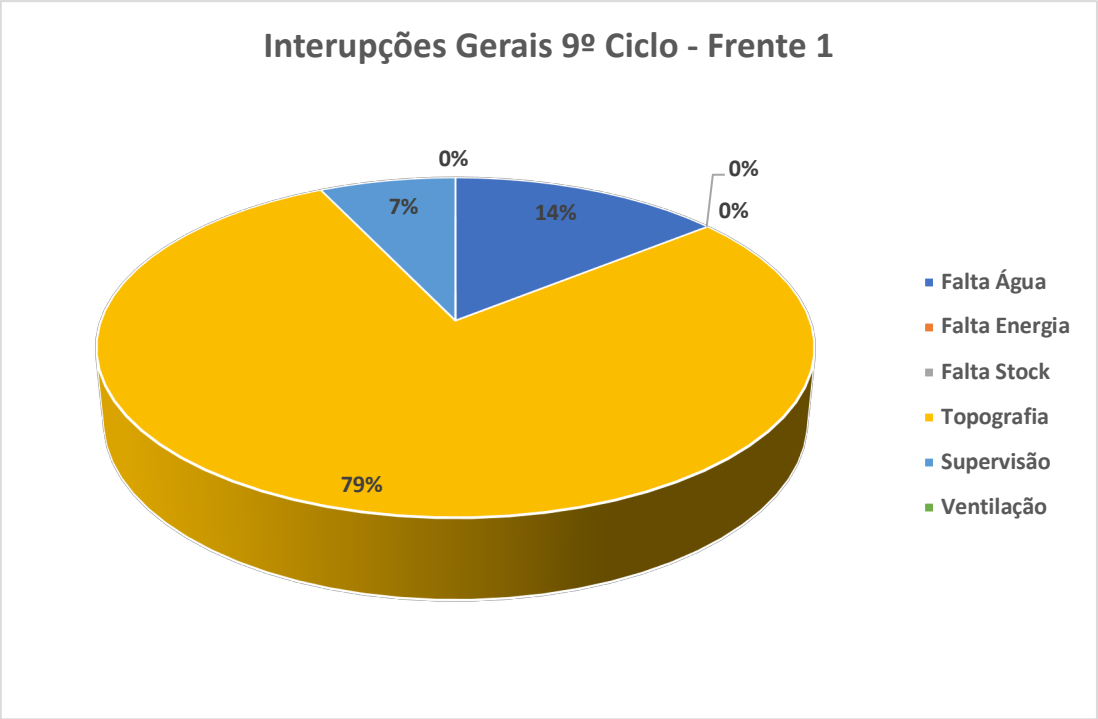


Ilustração 98 - Representação das Interrupções Gerais do 9º Ciclo da Frente 1

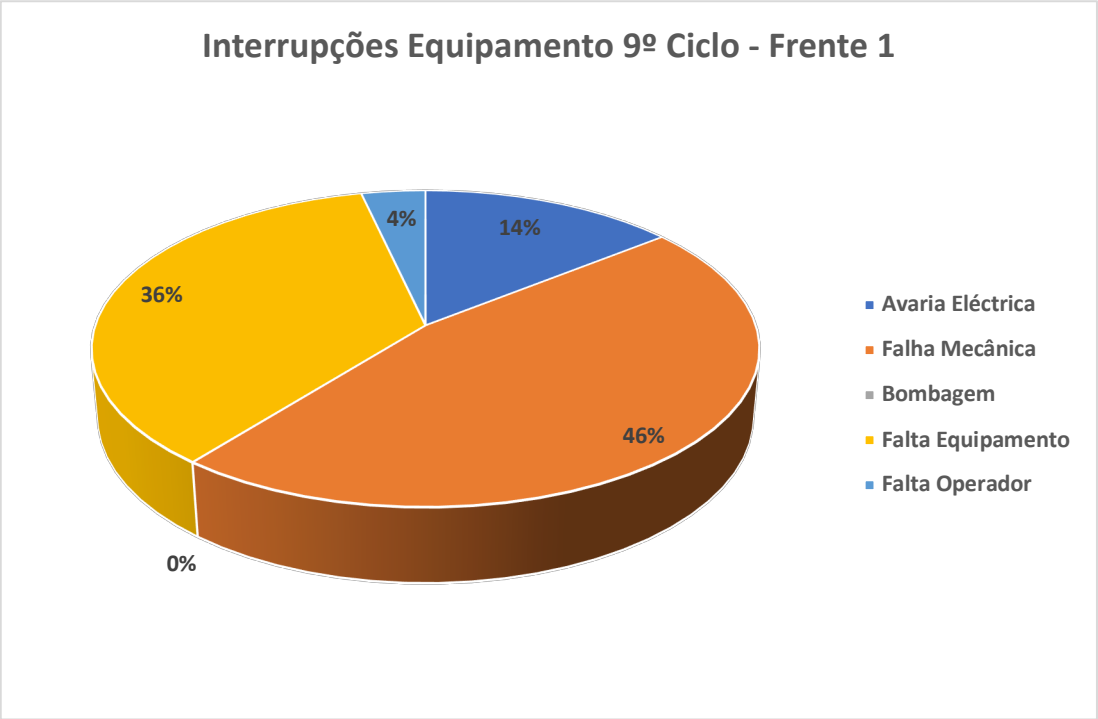


Ilustração 99 - Representação das Interrupções de Equipamento do 9º Ciclo da Frente 1

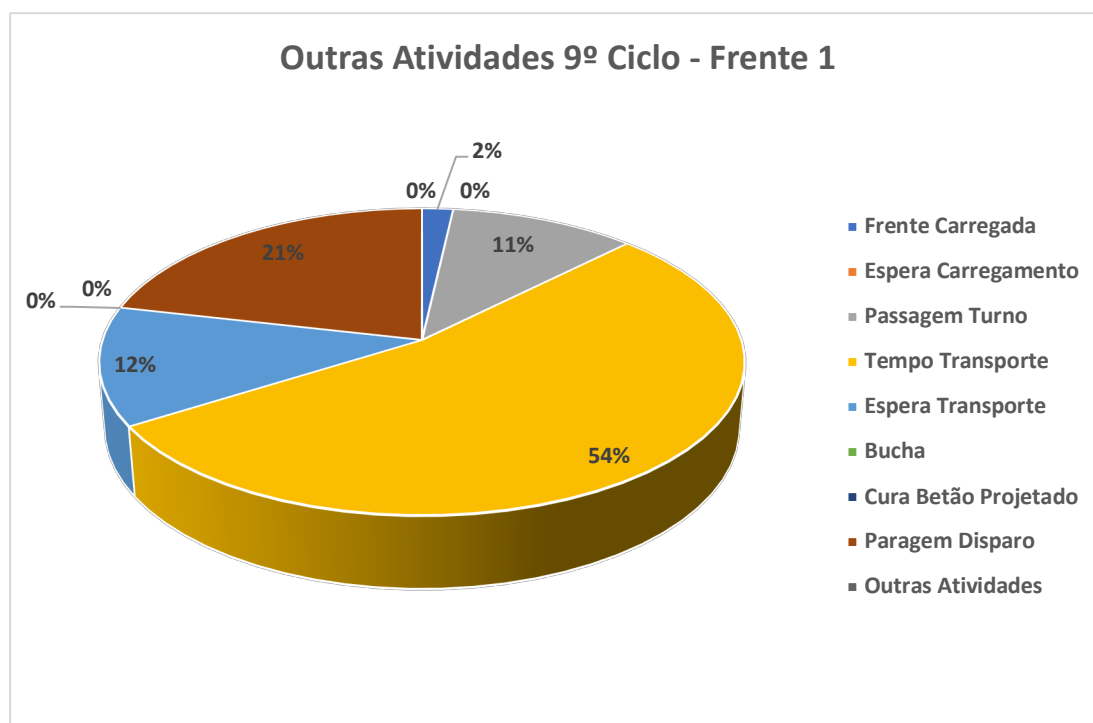


Ilustração 100 - Representação das Outras Atividades do 9º Ciclo da Frente 1

Anexo 11 - Gráficos 1º Ciclo Frente 2

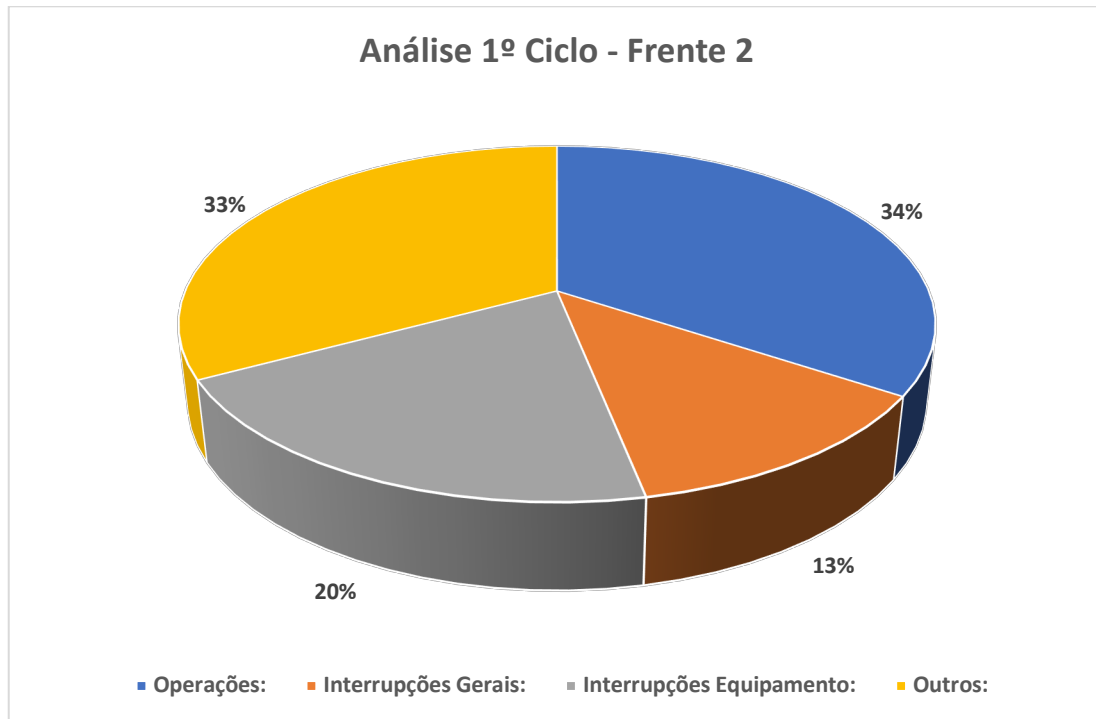


Ilustração 101 - Análise do 1º Ciclo da Frente 2

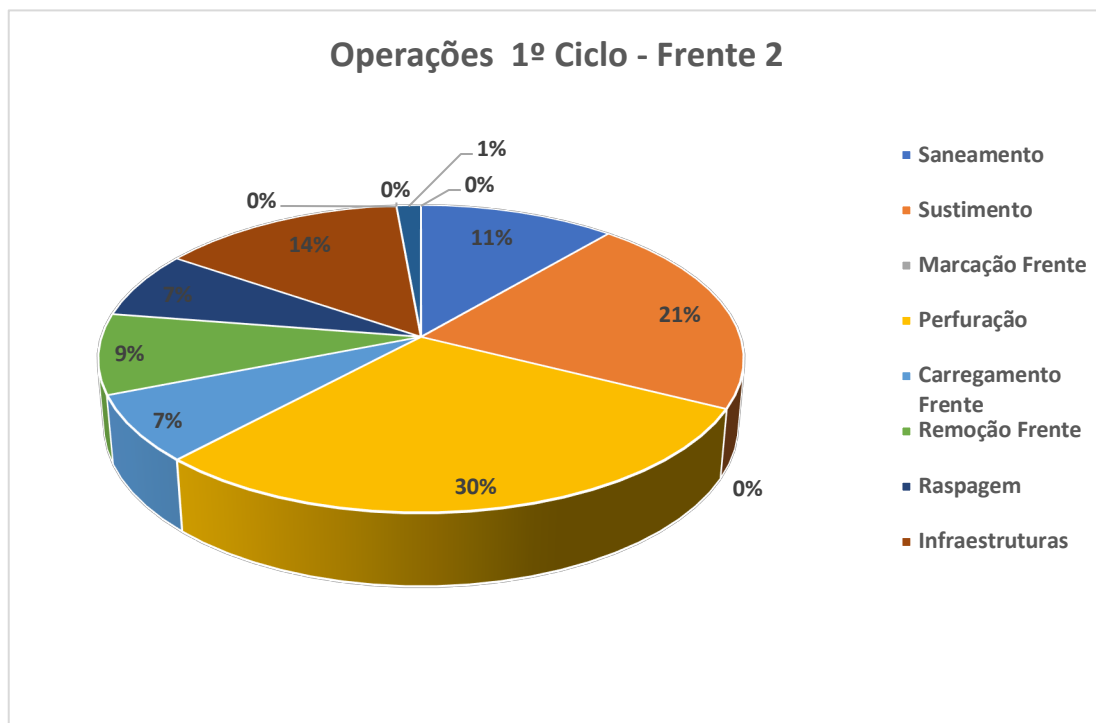


Ilustração 102 - Representação das Operações do 1º Ciclo da Frente 2

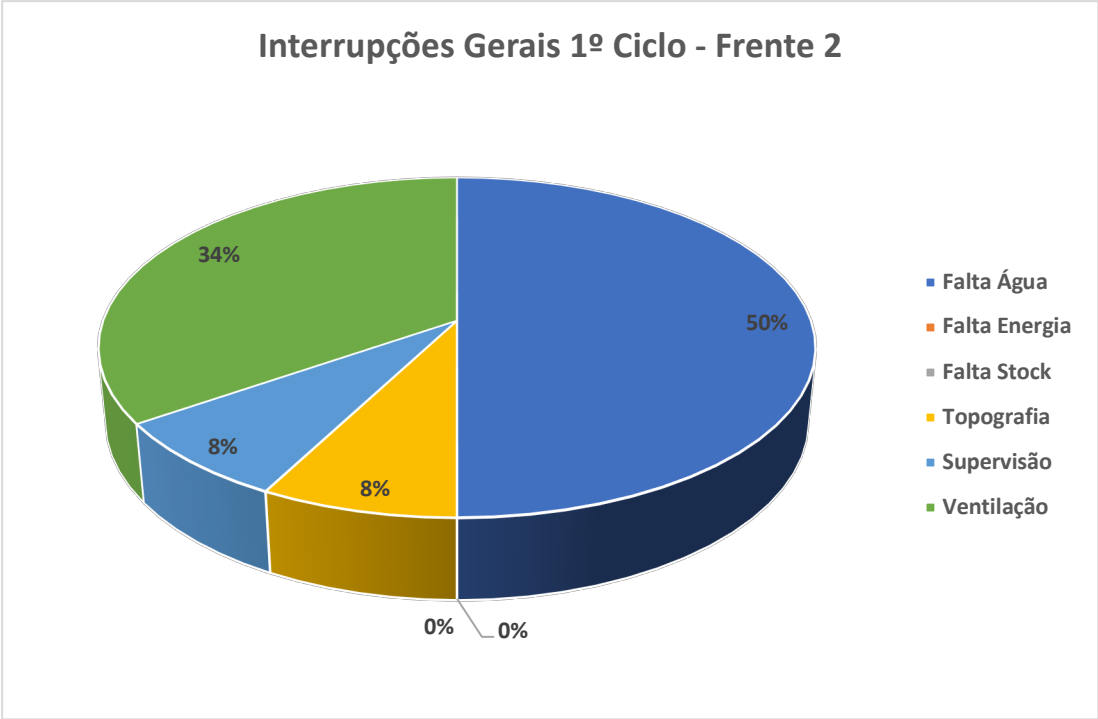


Ilustração 103 - Representação das Interrupções Gerais do 1º Ciclo da Frente 2

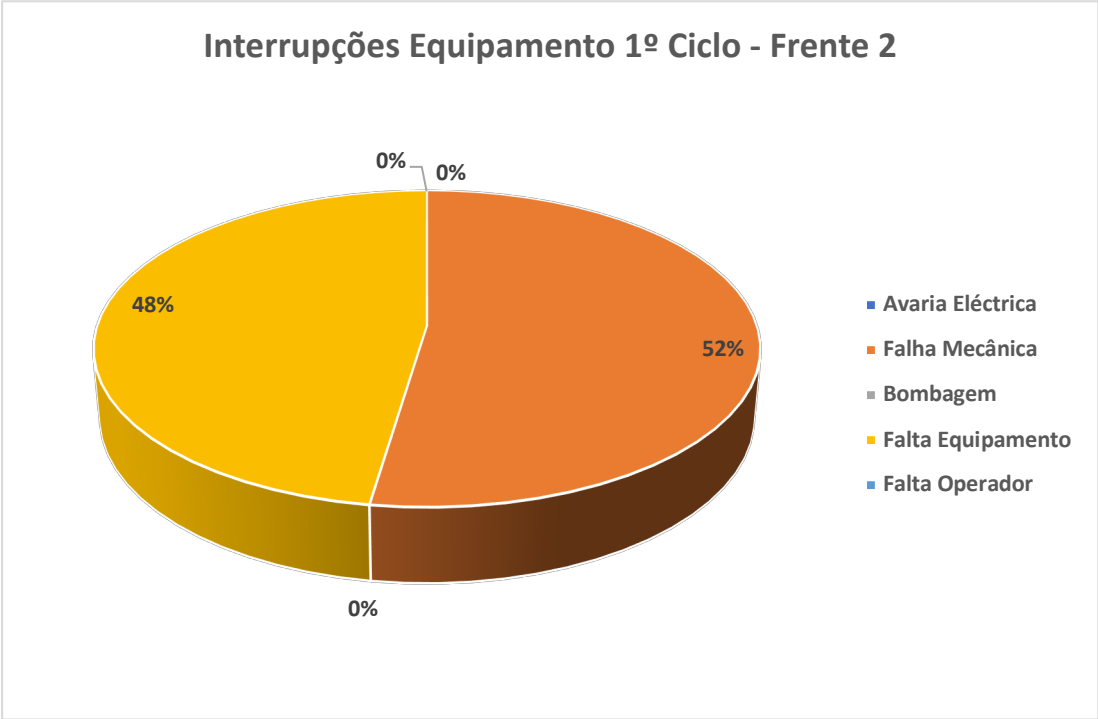


Ilustração 104 - Representação das Interrupções de Equipamento do 1º Ciclo da Frente 2

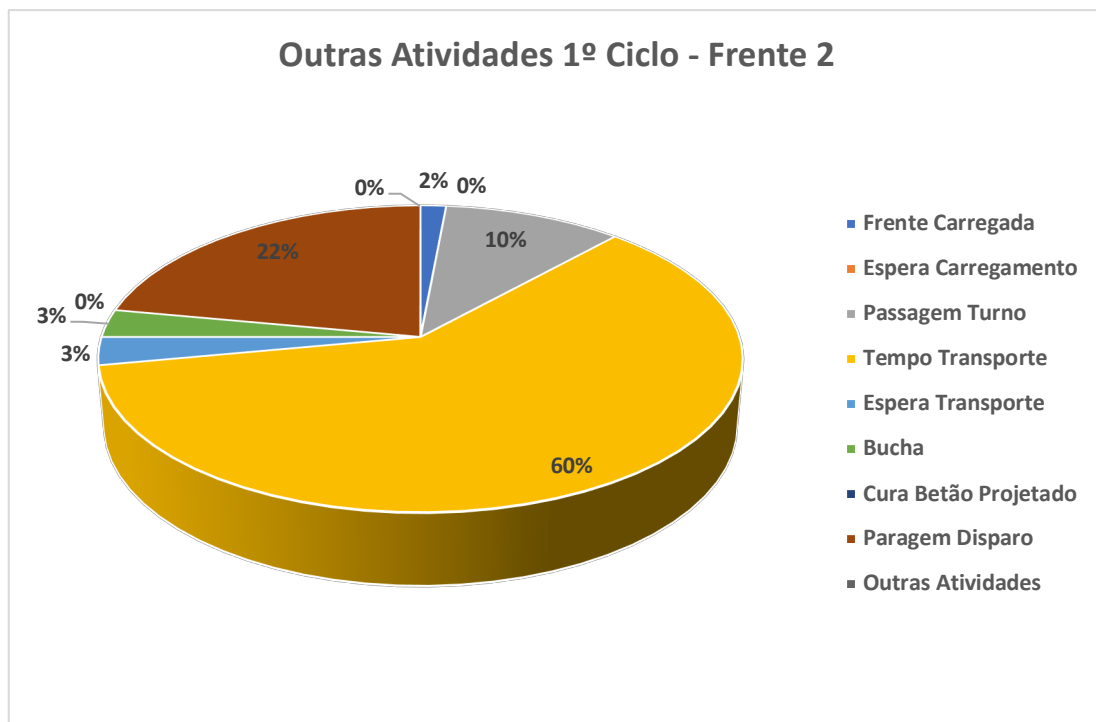


Ilustração 105 - Representação das Outras Atividades do 1º Ciclo da Frente 2

Anexo 12 - Gráficos 2º Ciclo Frente 2

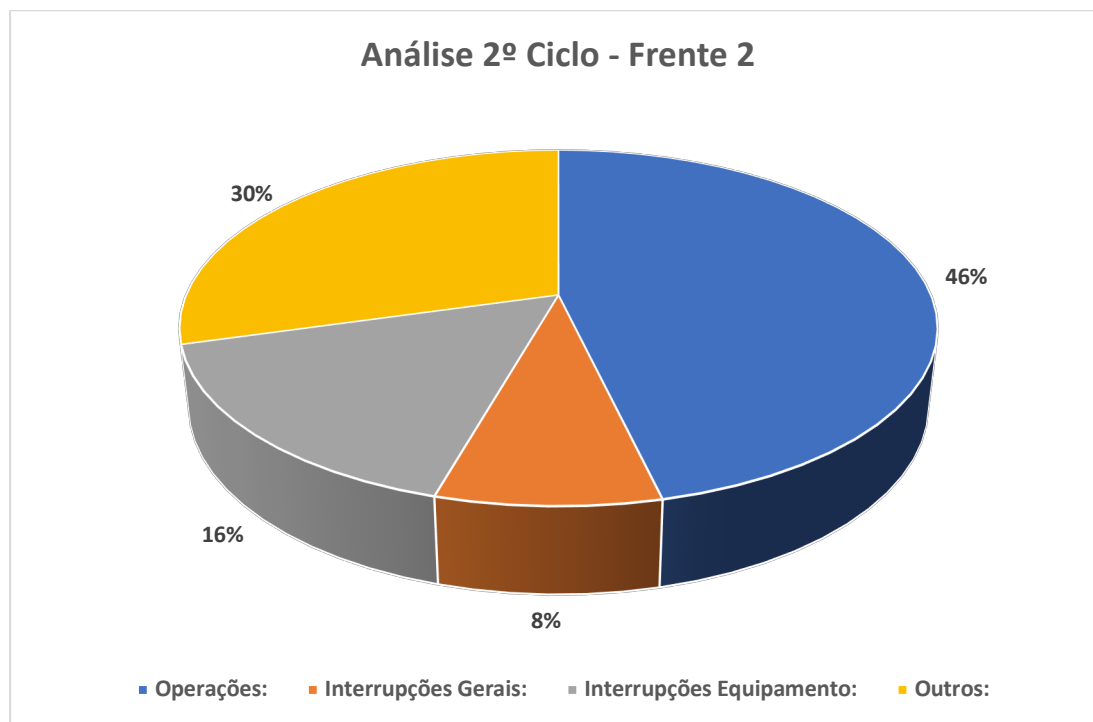


Ilustração 106 - Análise do 2º Ciclo da Frente 2

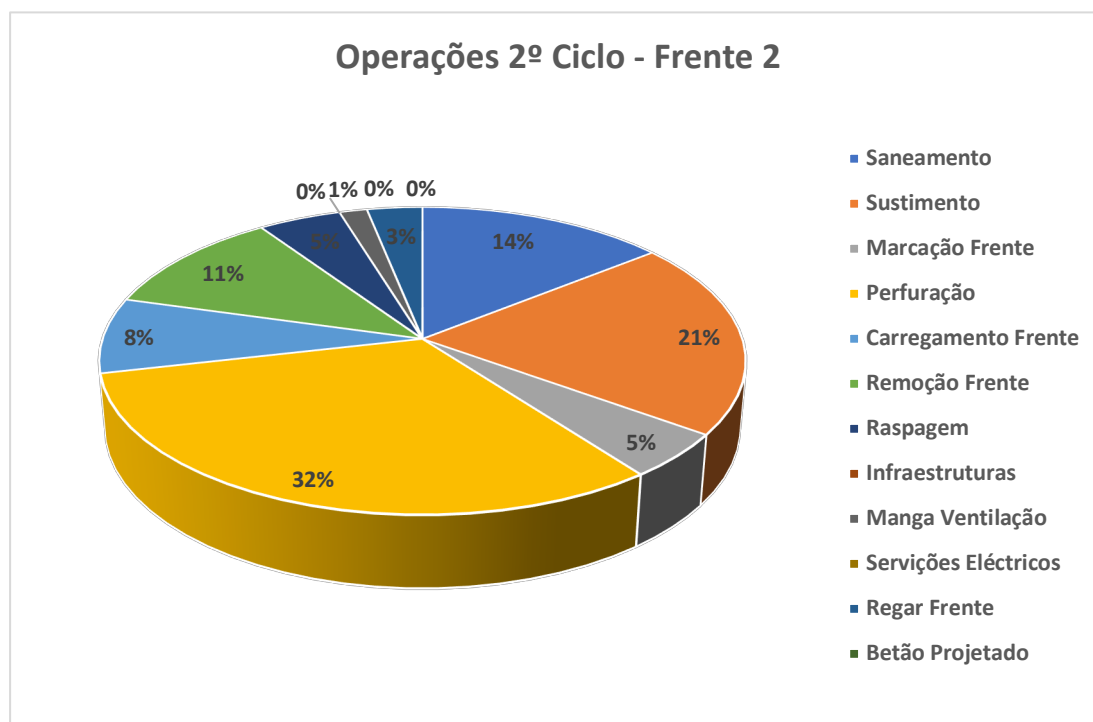


Ilustração 107 - Representação das Operações do 2º Ciclo da Frente 2

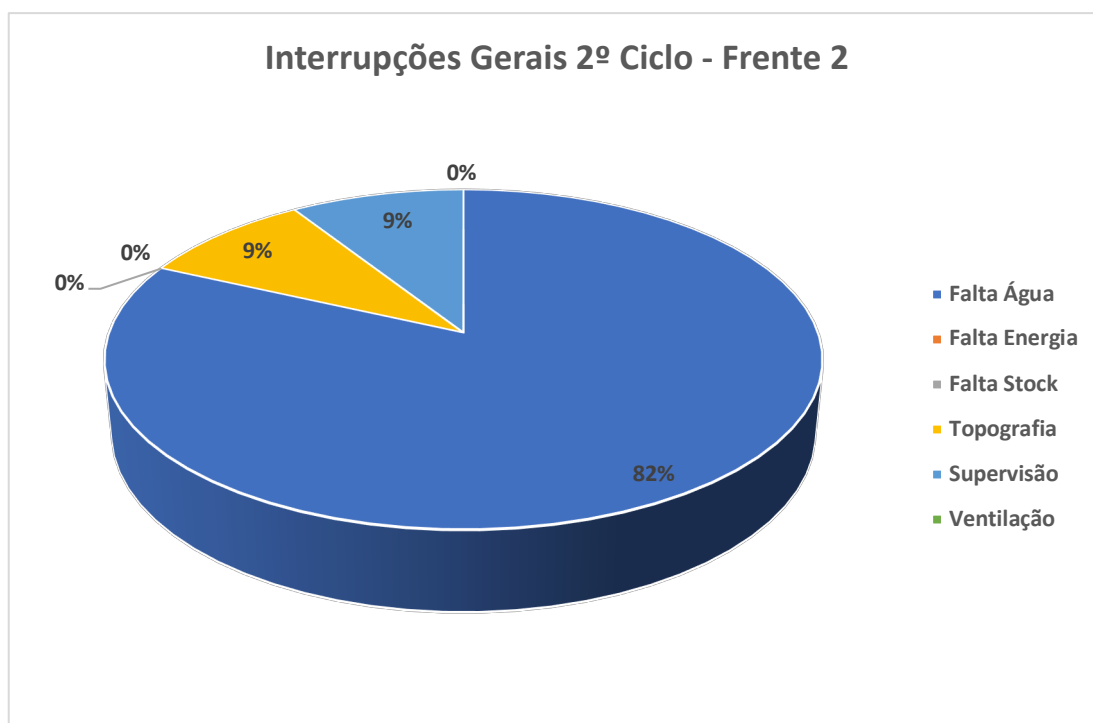


Ilustração 108 - Representação das Interrupções Gerais do 2º Ciclo da Frente 2

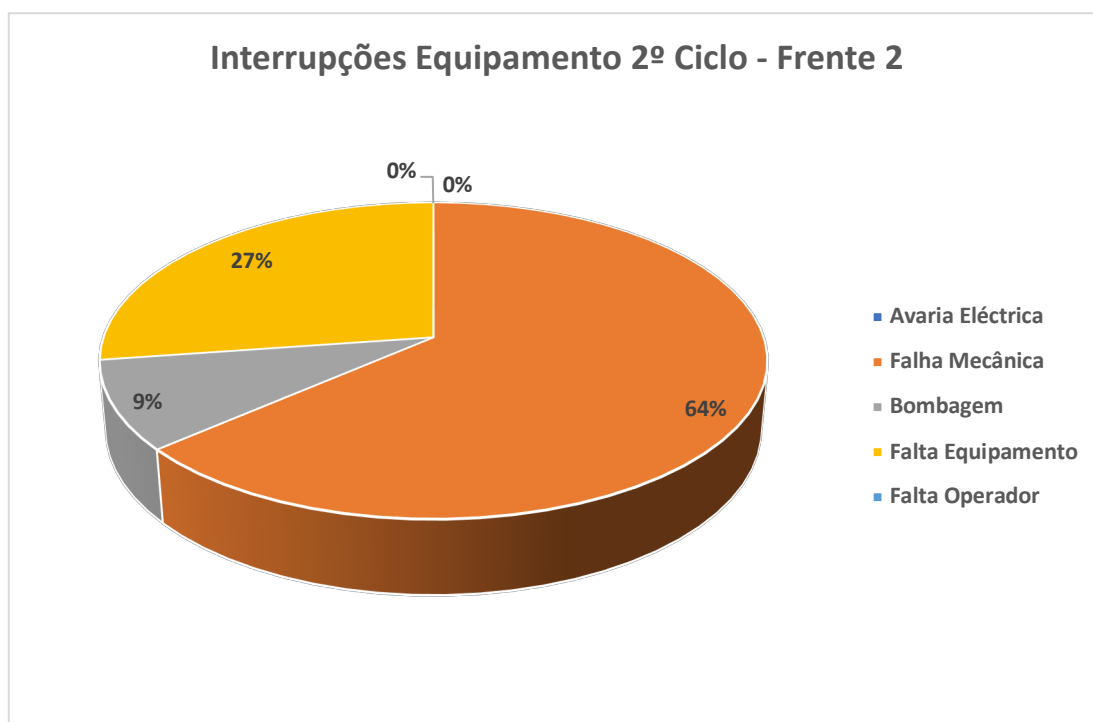


Ilustração 109 - Representação das Interrupções de Equipamento do 2º Ciclo da Frente 2

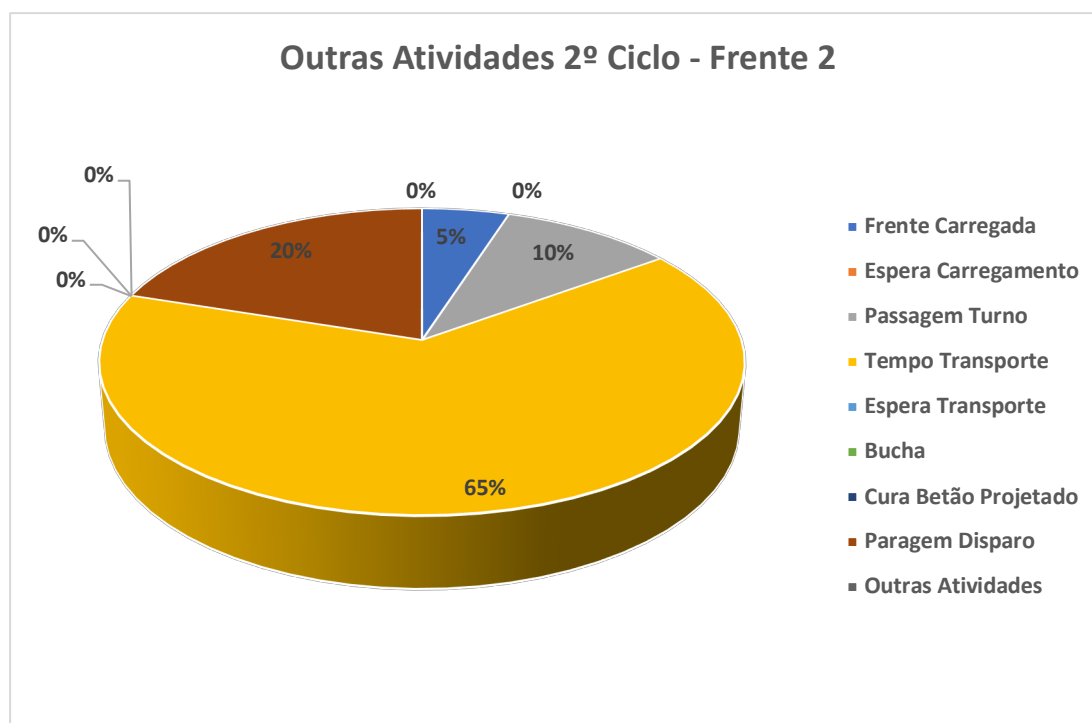


Ilustração 110 - Representação das Outras Atividades do 2º Ciclo da Frente 2

Anexo 13 - Gráficos 3º Ciclo Frente 2

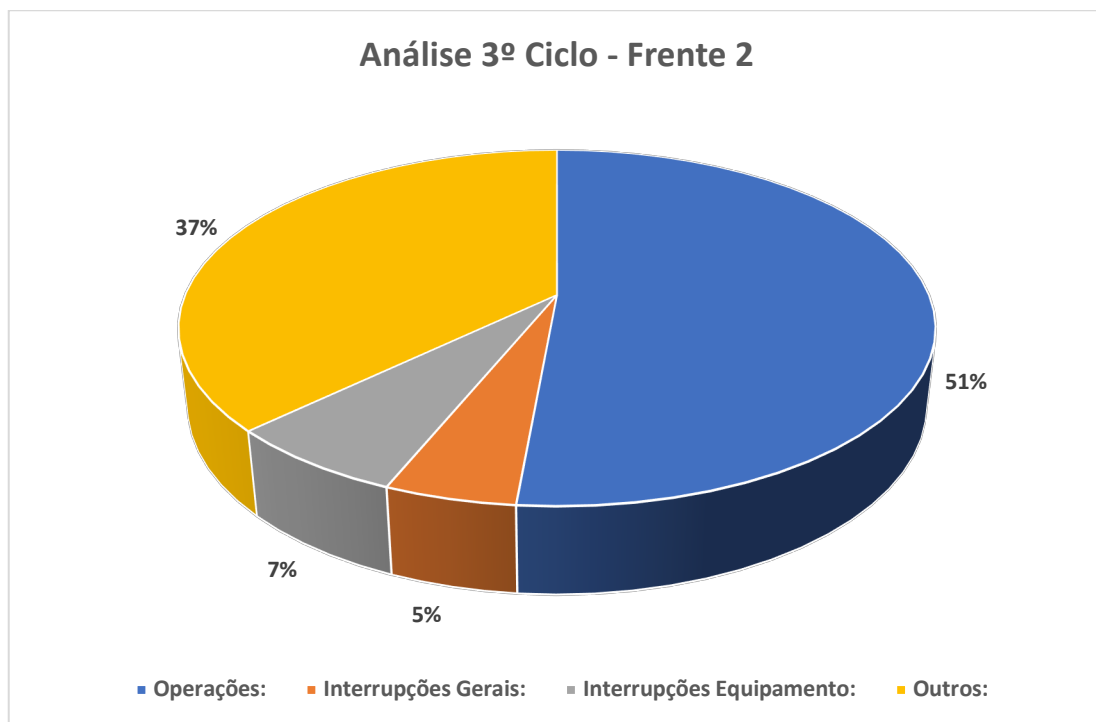


Ilustração 111 - Análise do 3º Ciclo da Frente 2

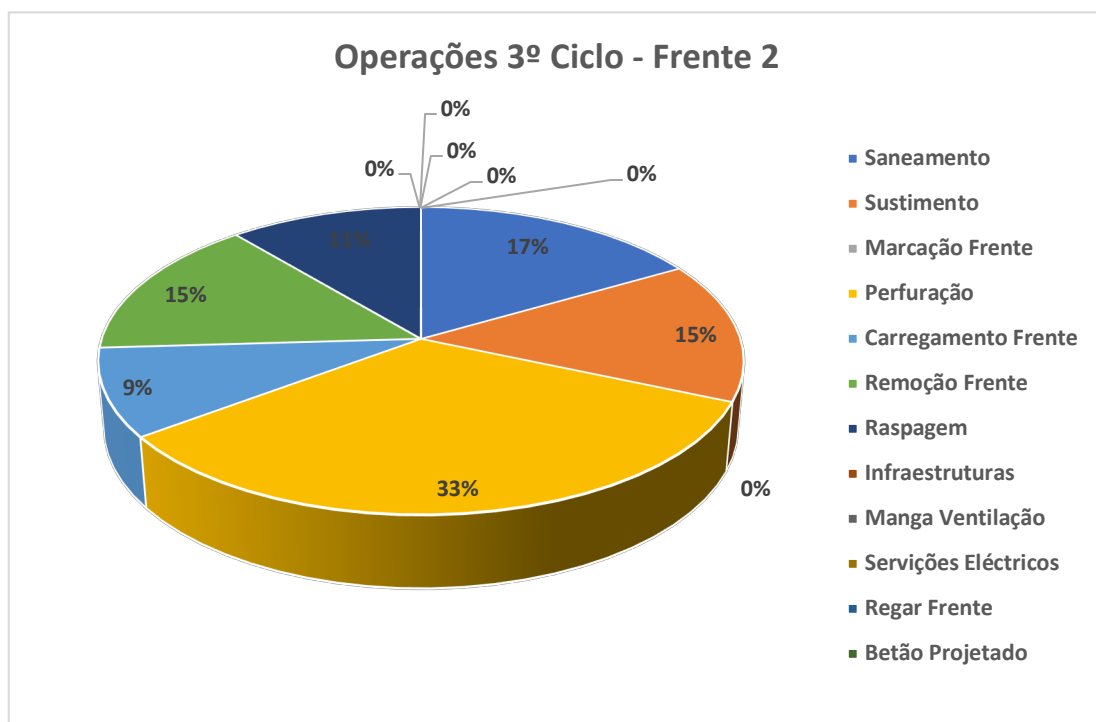


Ilustração 112 - Representação das Operações do 3º Ciclo da Frente 2

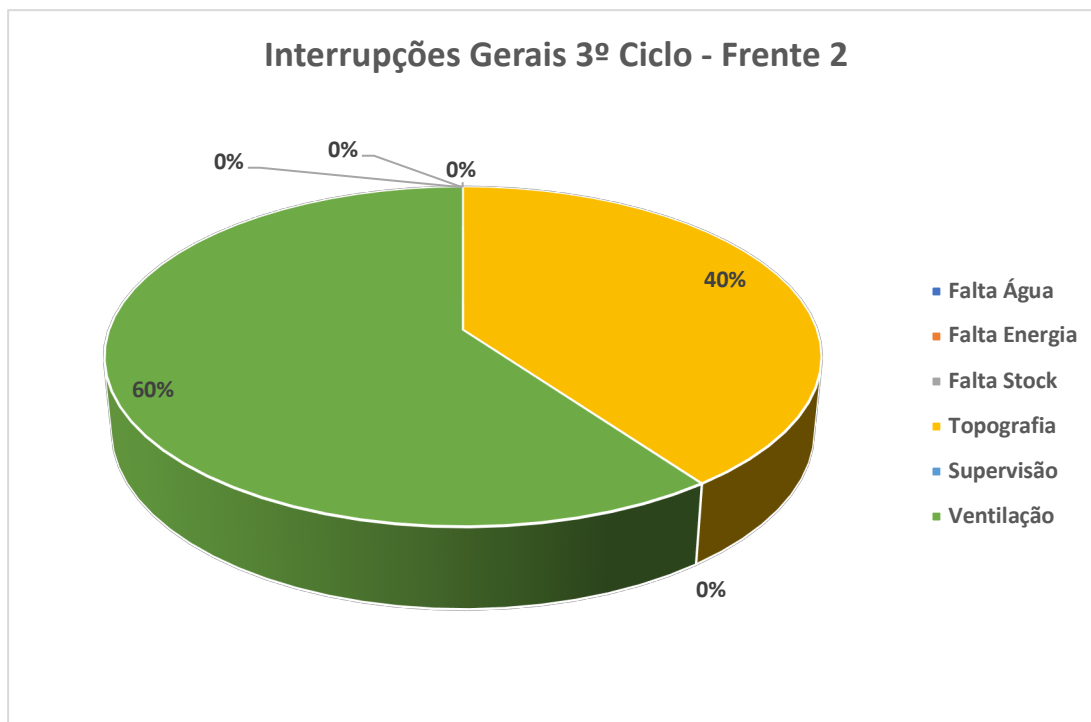


Ilustração 113 - Representação das Interrupções Gerais do 3º Ciclo da Frente 2

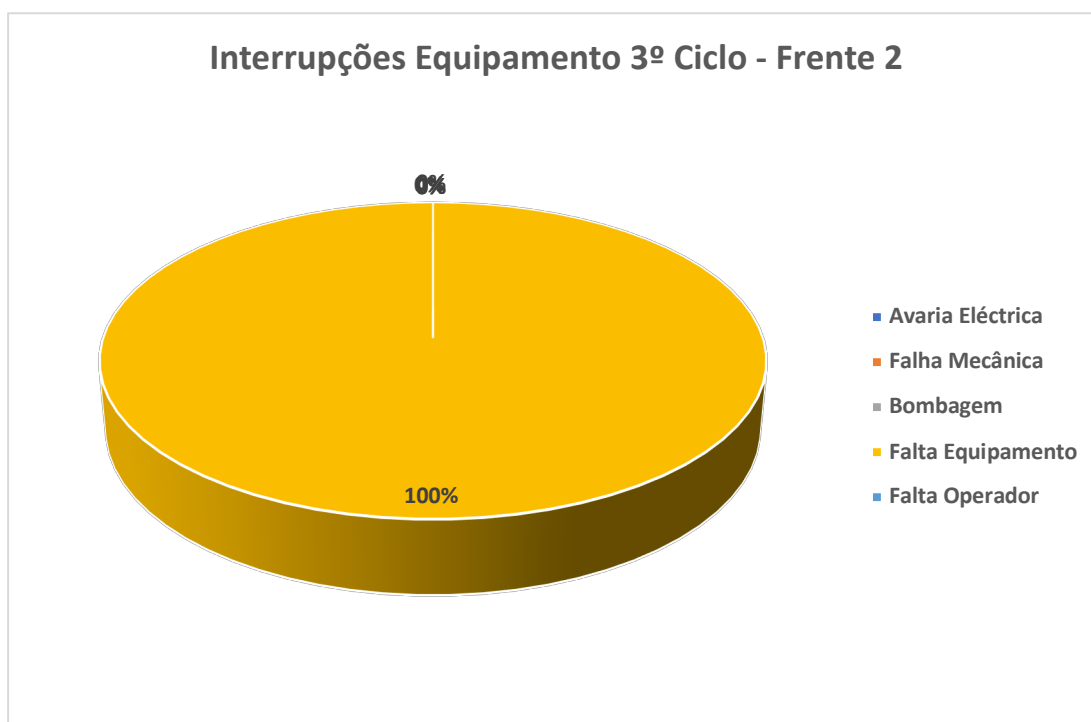


Ilustração 114 - Representação das Interrupções Equipamento do 3º Ciclo da Frente 2

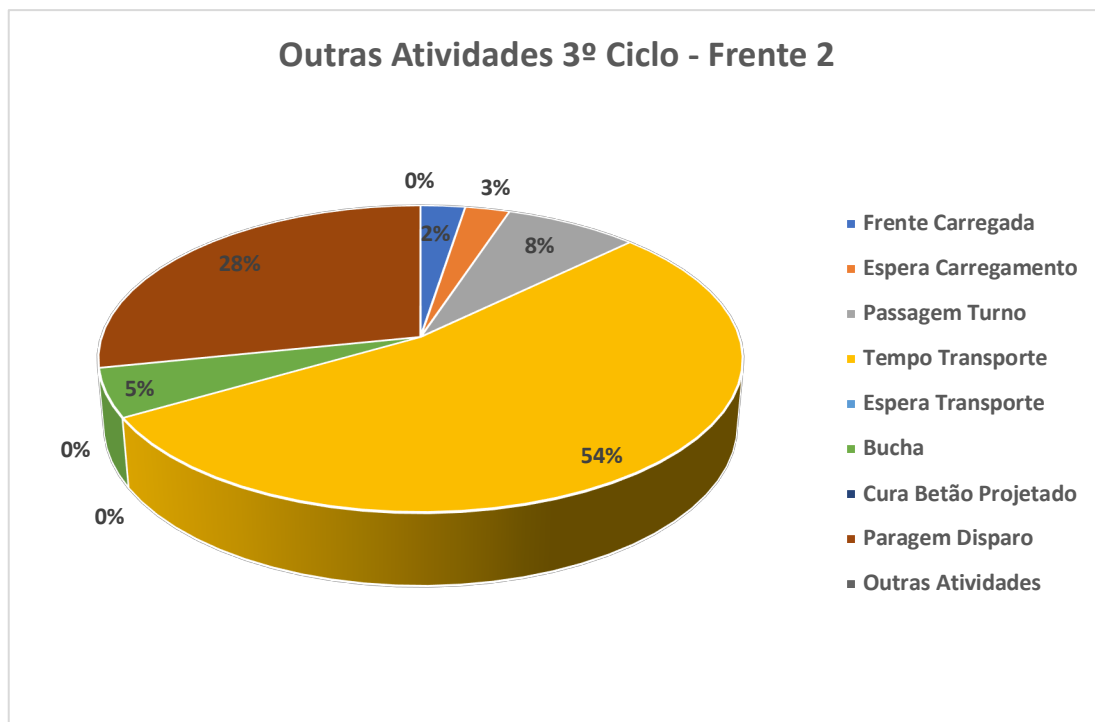


Ilustração 115 - Representação das Outras Atividades do 3º Ciclo da Frente 2

Anexo 14 - Gráficos 4º Ciclo Frente 2

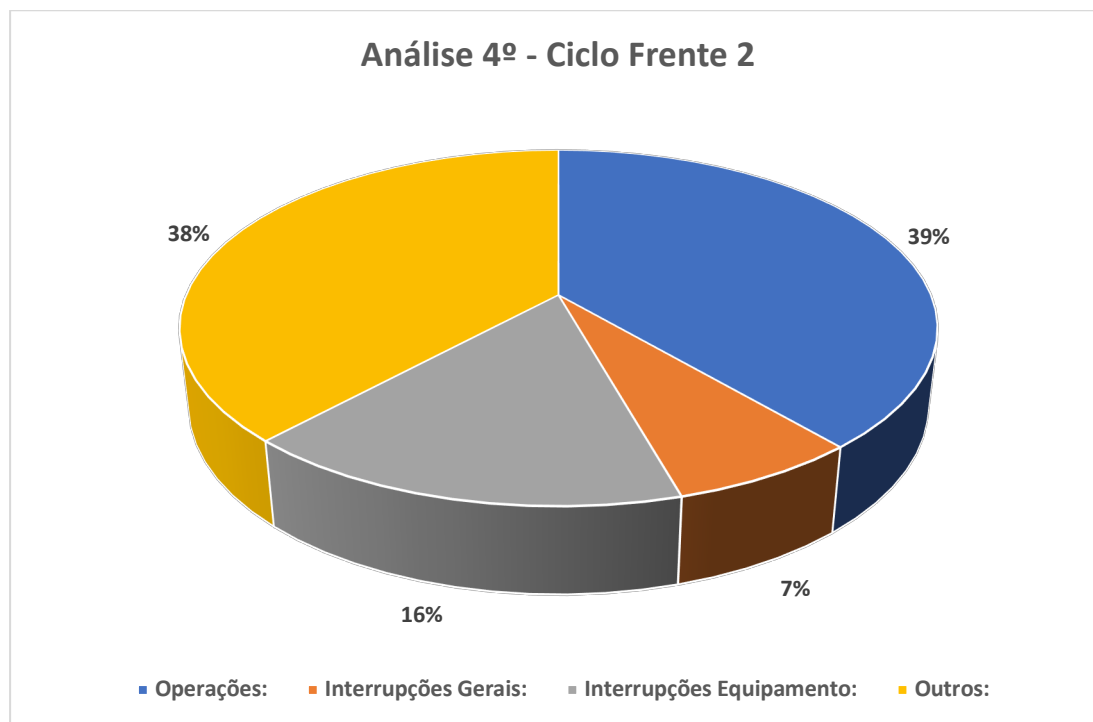


Ilustração 116 - Análise do 4º Ciclo da Frente 2

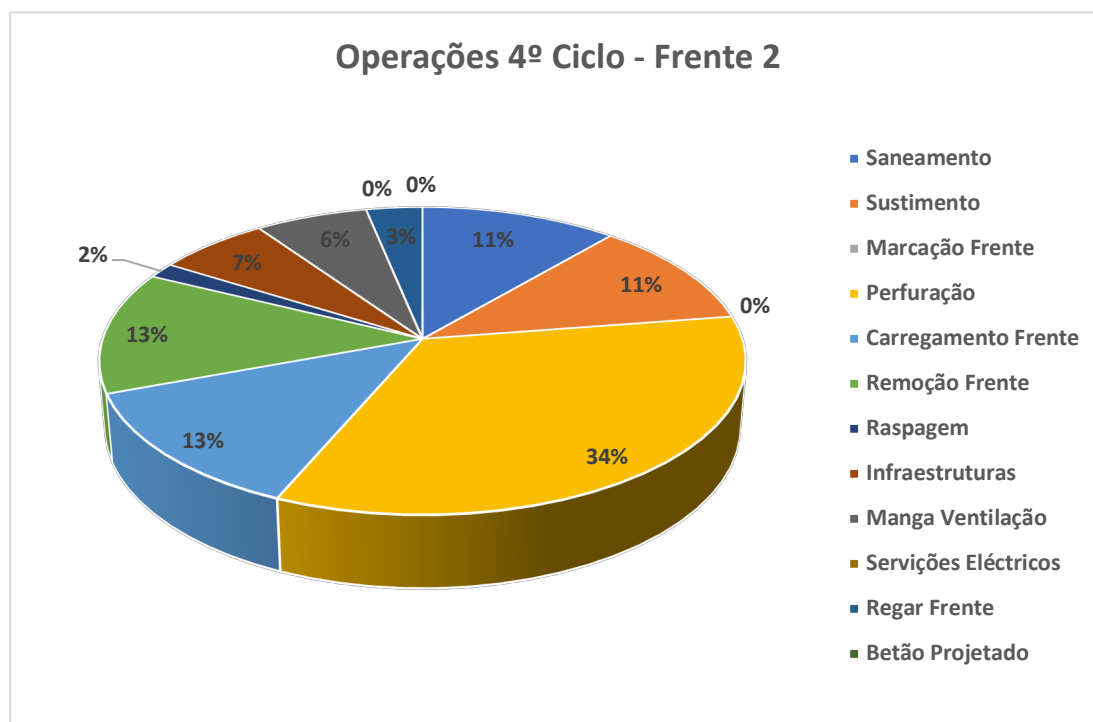


Ilustração 117 - Representação das Operações do 4º Ciclo da Frente 2

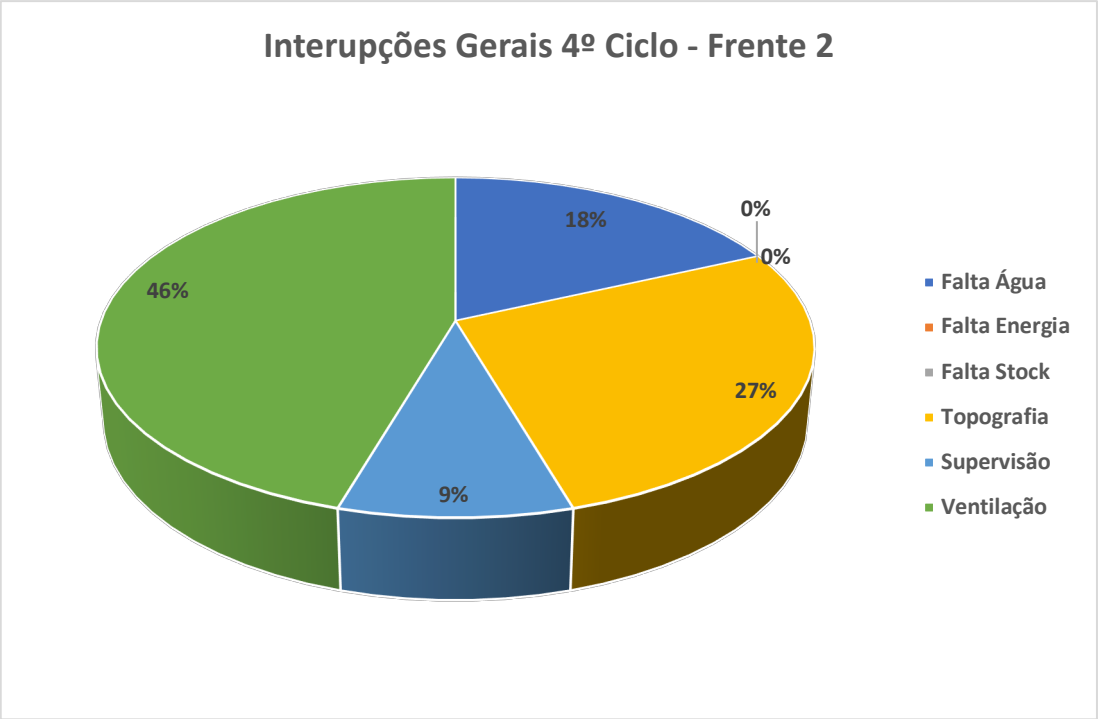


Ilustração 118 - Representação das Interrupções Gerais do 4º Ciclo da Frente 2

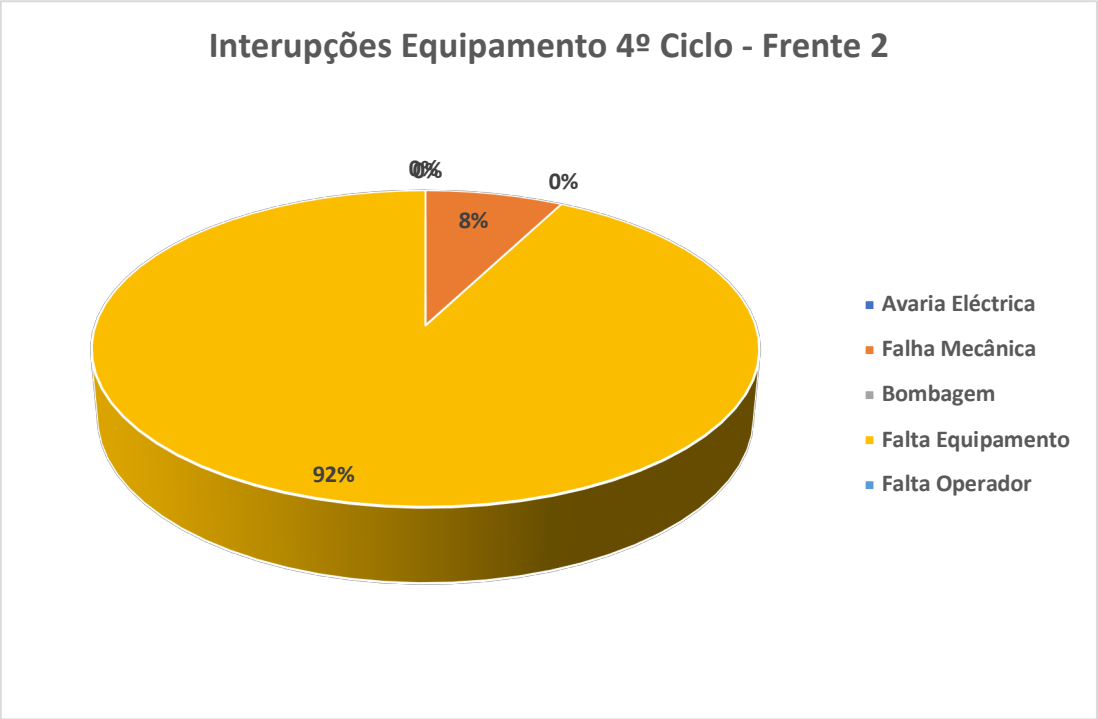


Ilustração 119 - Representação das Interrupções Equipamento do 4º Ciclo da Frente 2

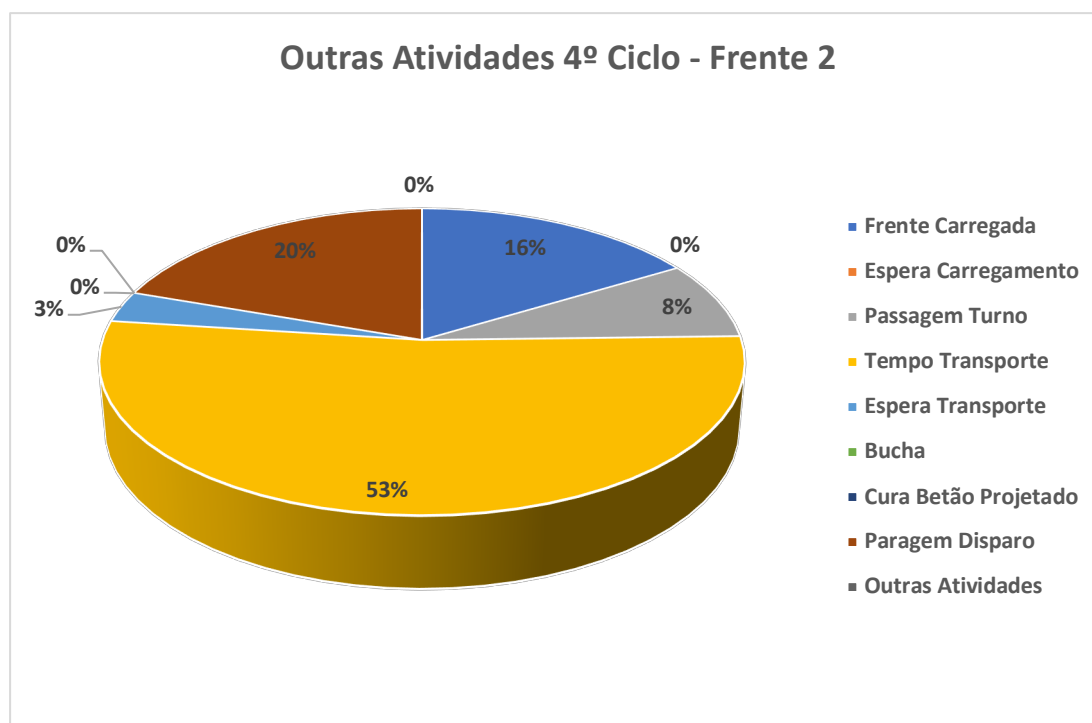


Ilustração 120 - Representação das Outras Atividades do 4º Ciclo da Frente 2

Anexo 15 - Gráficos 5º Ciclo Frente 2

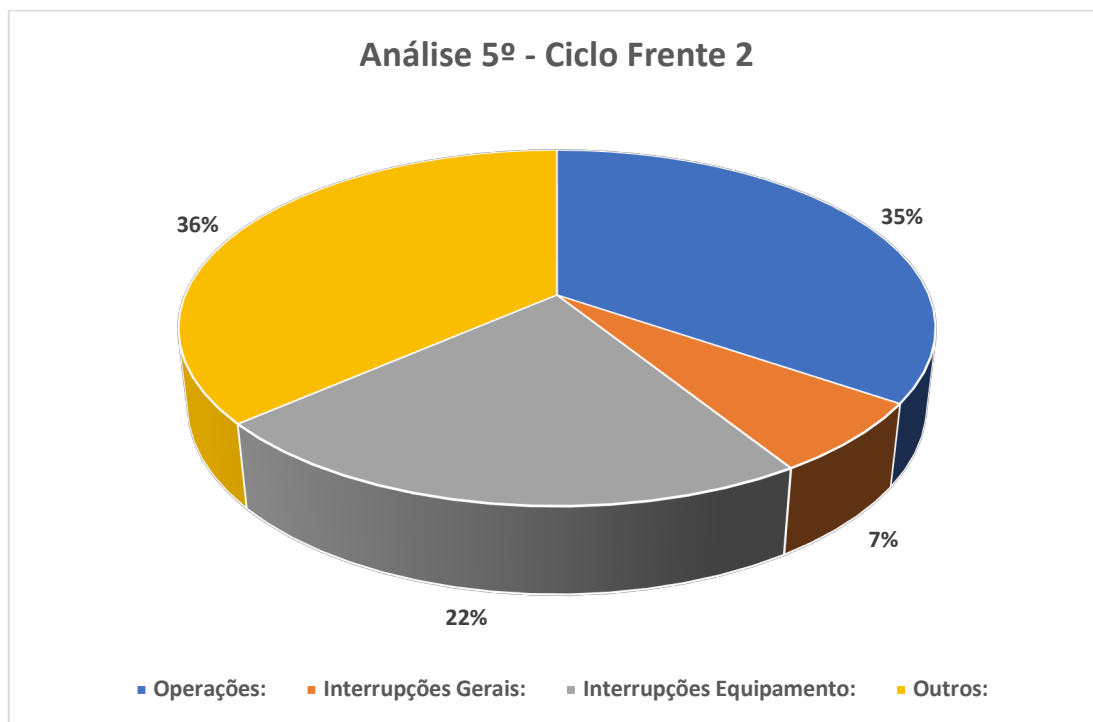


Ilustração 121 - Análise do 5º Ciclo da Frente 2

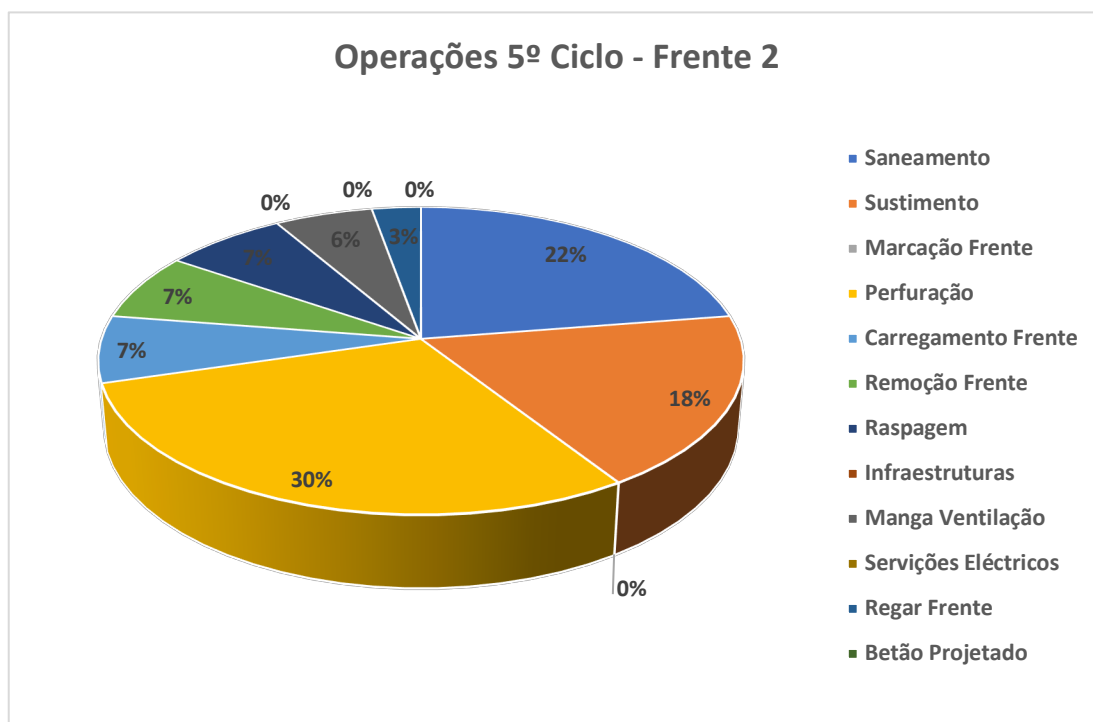


Ilustração 122 - Representação das Operações do 5º Ciclo da Frente 2

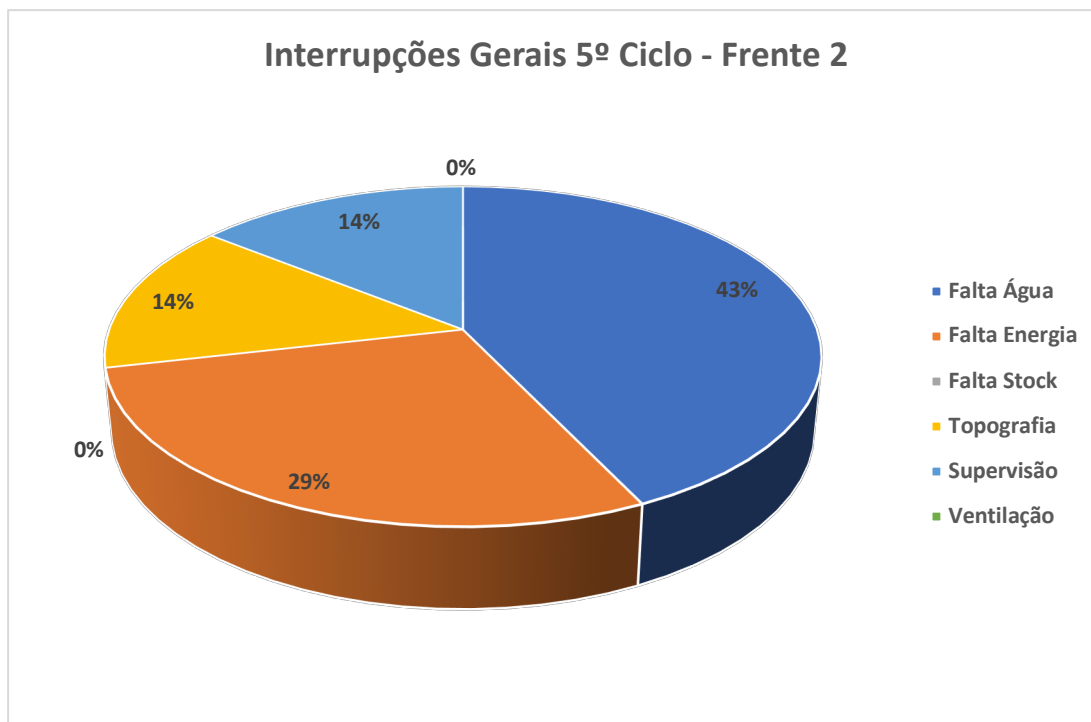


Ilustração 123 - Representação das Interrupções Gerais do 5º Ciclo da Frente 2

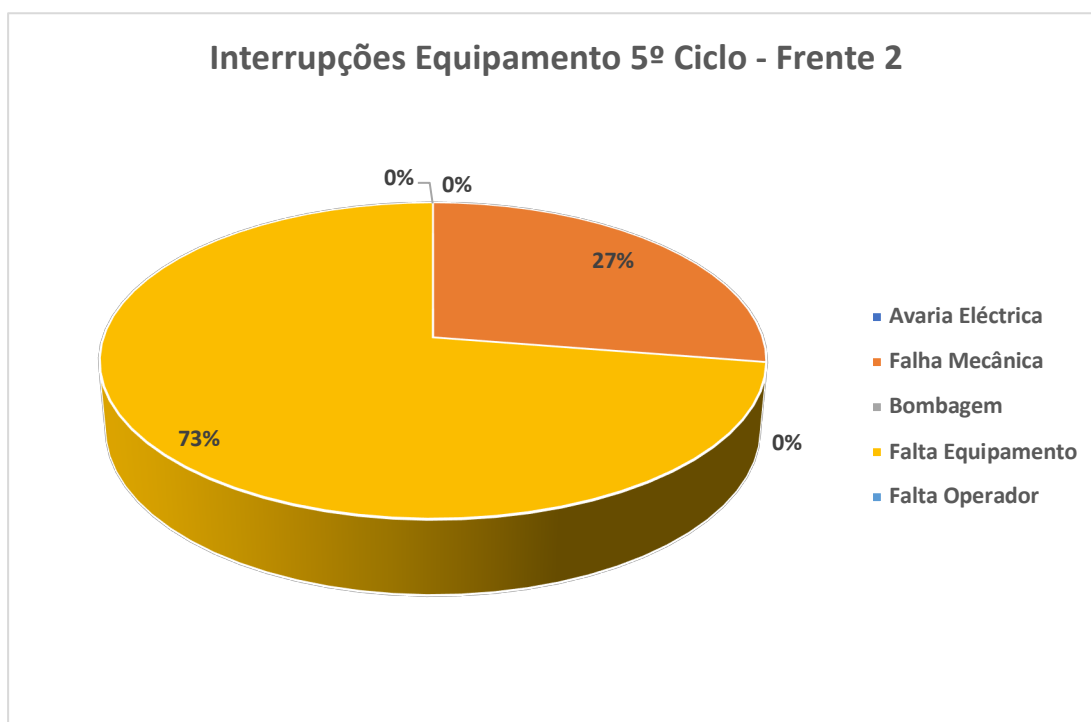


Ilustração 124 - Representação das Interrupções Equipamento do 5º Ciclo da Frente 2

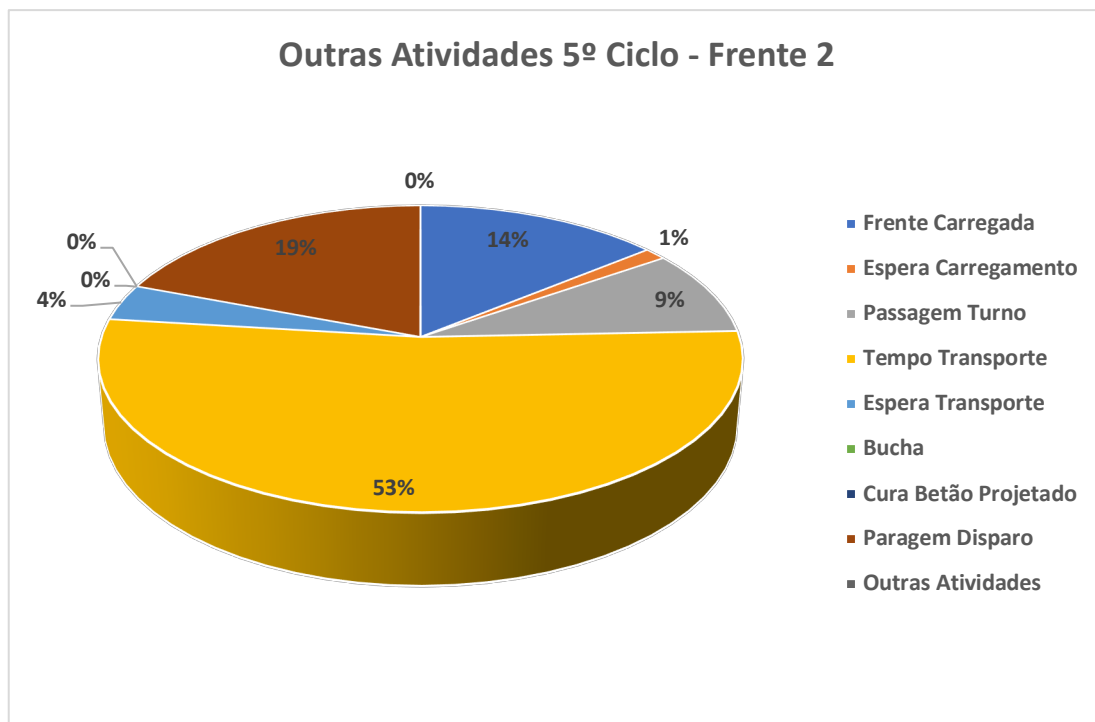


Ilustração 125 - Representação das Outras Atividades do 5º Ciclo da Frente 2

Anexo 16 - Gráficos 6º Ciclo Frente 2

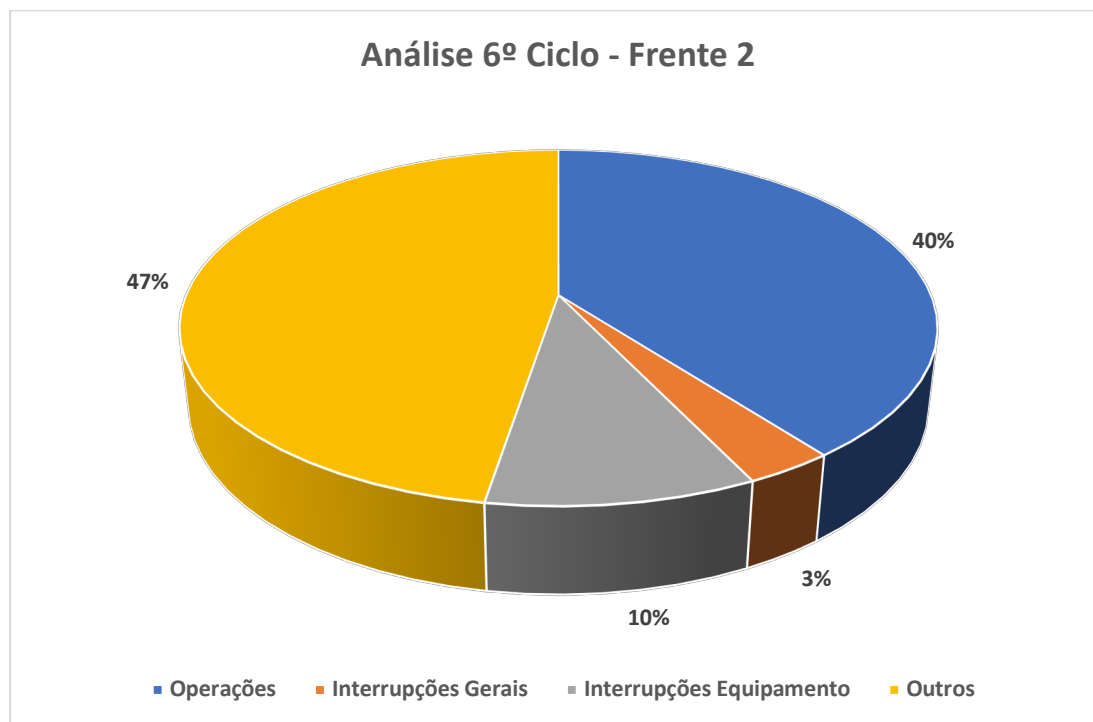


Ilustração 126 - Análise do 6º Ciclo da Frente 2

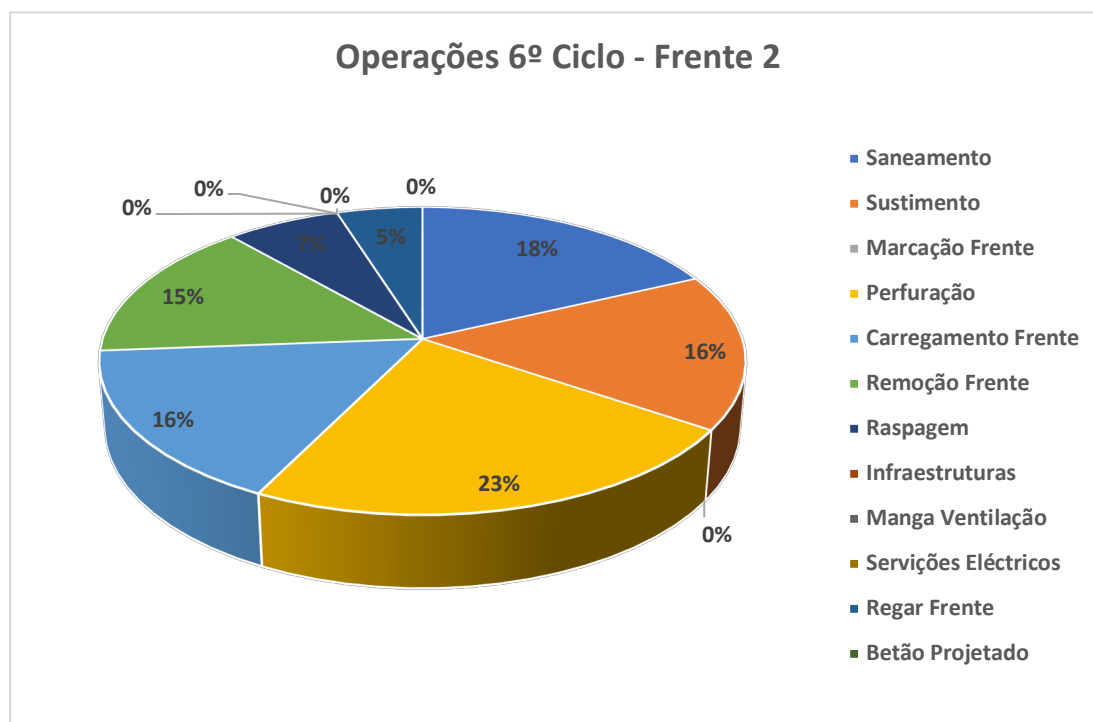


Ilustração 127 - Representação das Operações do 6º Ciclo da Frente 2

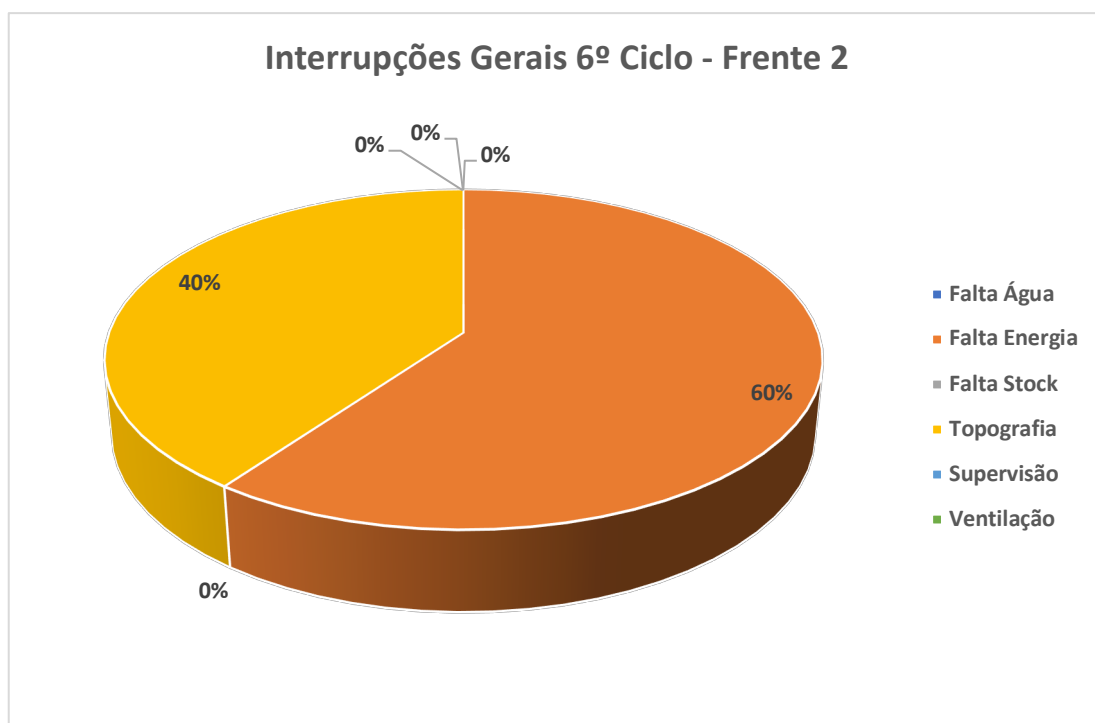


Ilustração 128 - Representação das Interrupções Gerais do 6º Ciclo da Frente 2

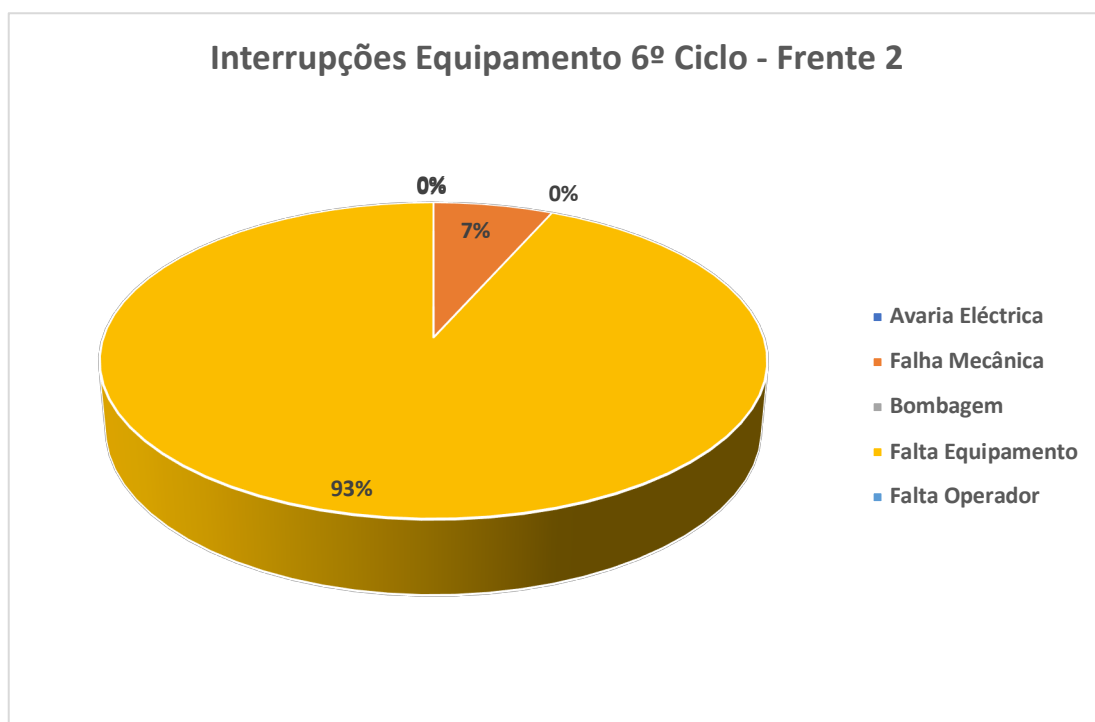


Ilustração 129 - Representação das Interrupções de Equipamento do 6º Ciclo da Frente 2

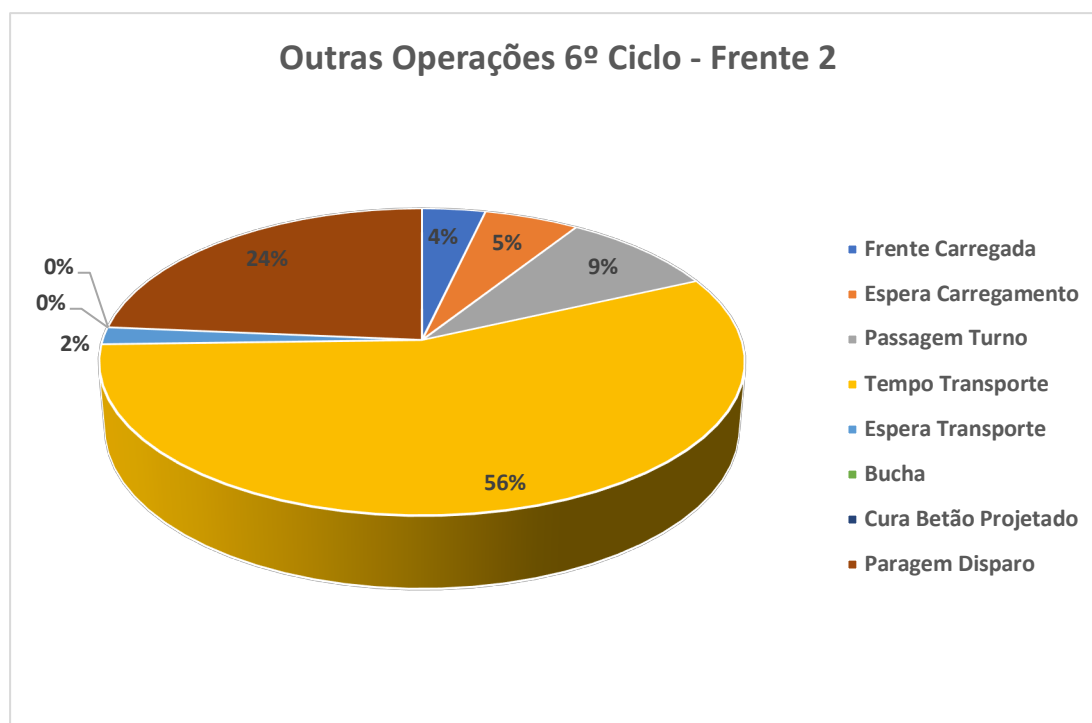


Ilustração 130 - Representação das Outras Atividades do 6º Ciclo da Frente 2

Anexo 17 - Gráficos 7º Ciclo Frente 2

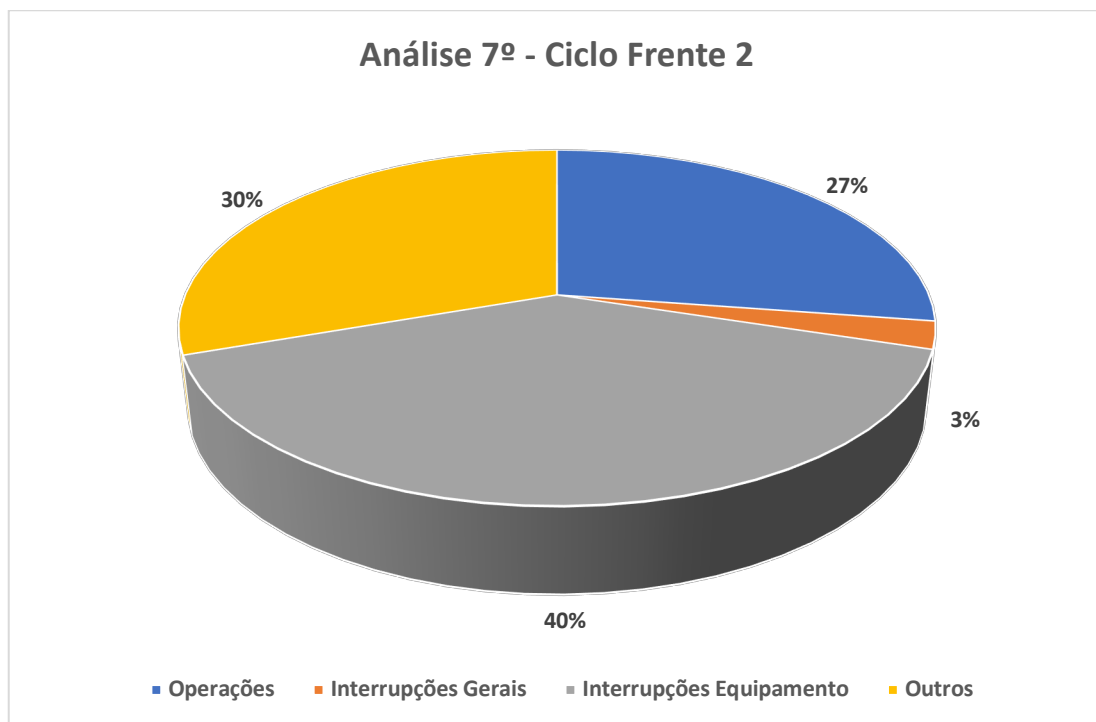


Ilustração 131 - Análise do 7º Ciclo da Frente 2

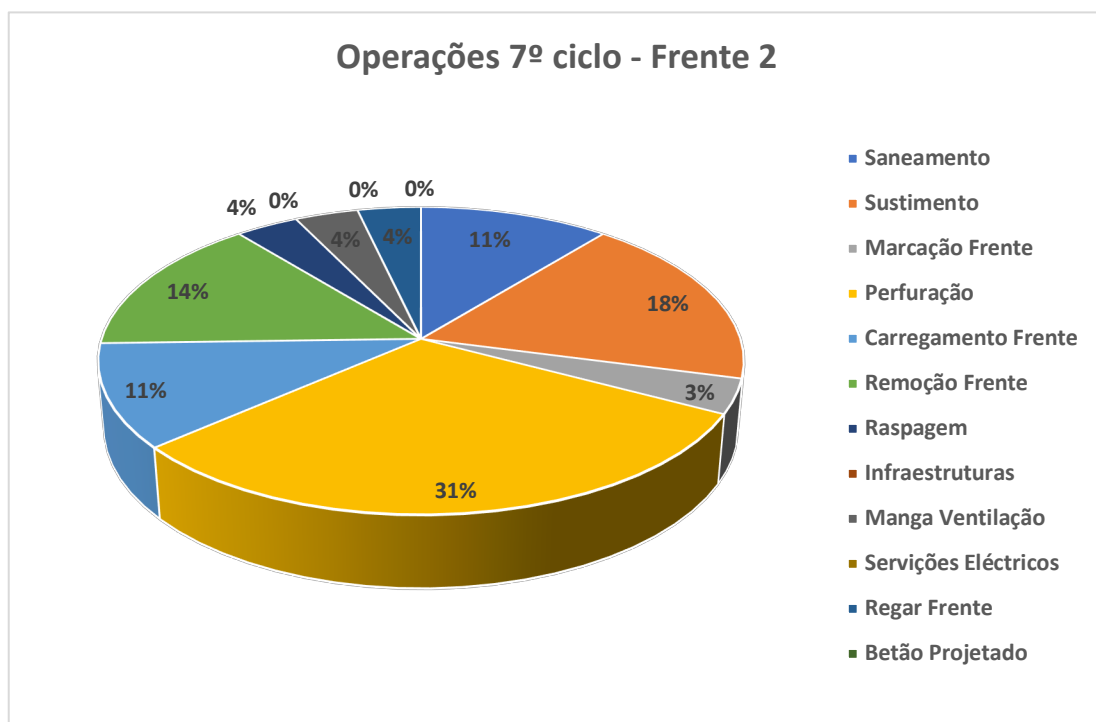


Ilustração 132 - Representação das Operações do 7º Ciclo da Frente 2

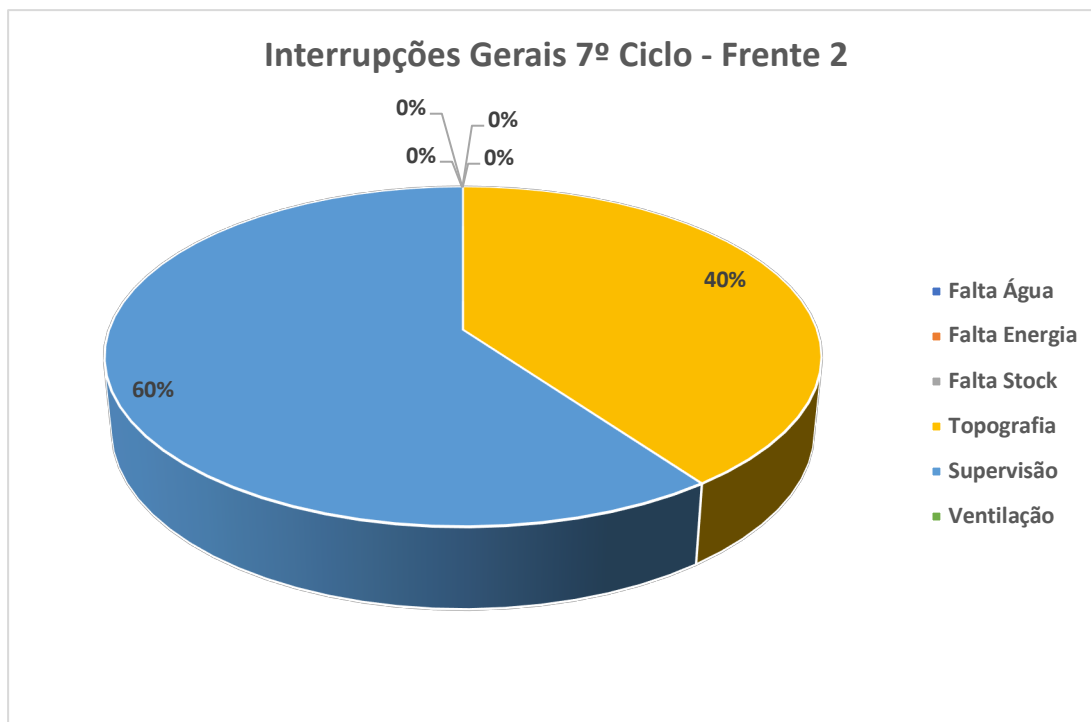


Ilustração 133 - Representação das Interrupções Gerais do 7º Ciclo da Frente 2

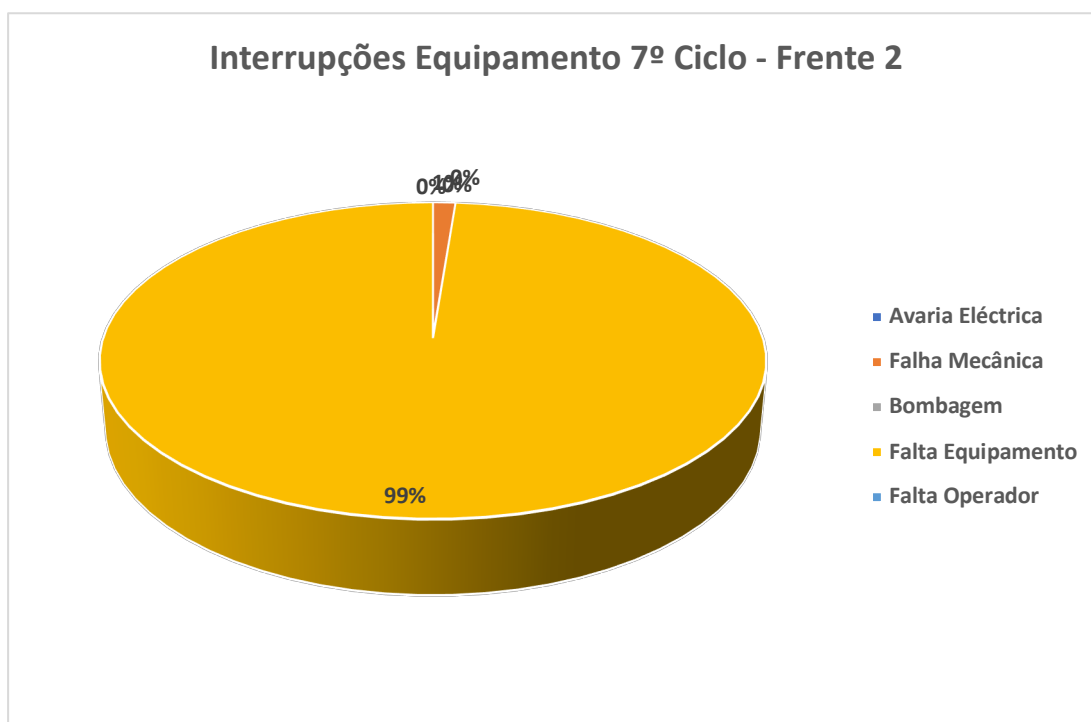


Ilustração 134 - Representação das Interrupções de Equipamento do 7º Ciclo da Frente 2

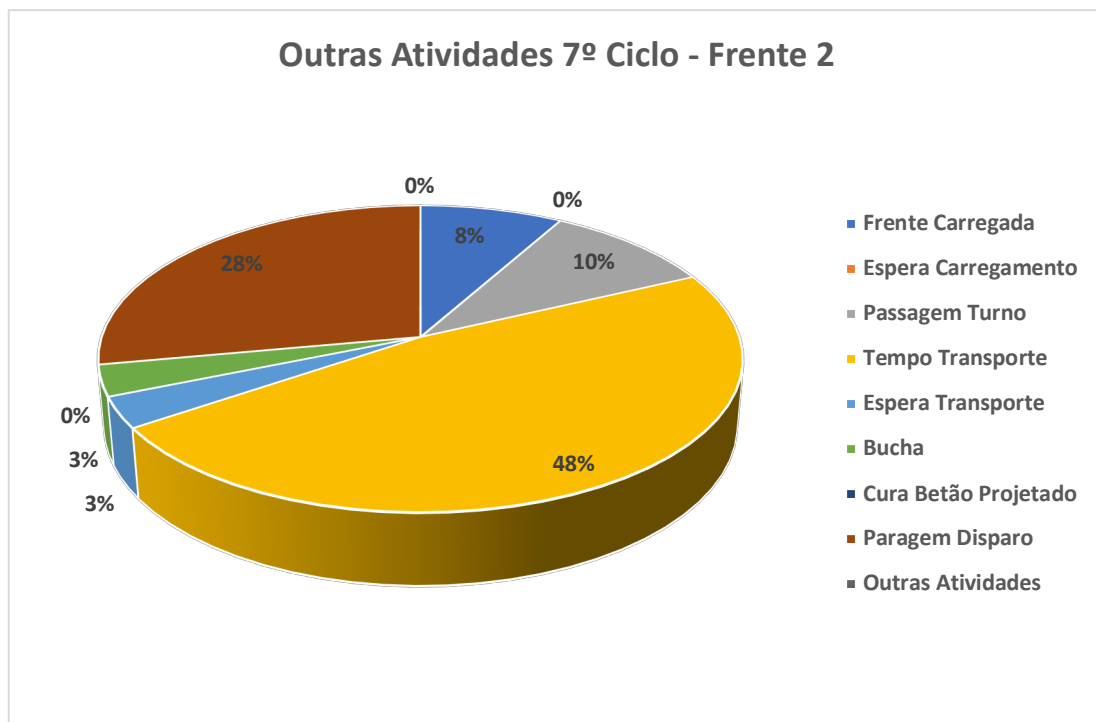


Ilustração 135 - Representação das Outras Atividades do 7º Ciclo da Frente 2

Anexo 18 - Gráficos 8º Ciclo Frente 2

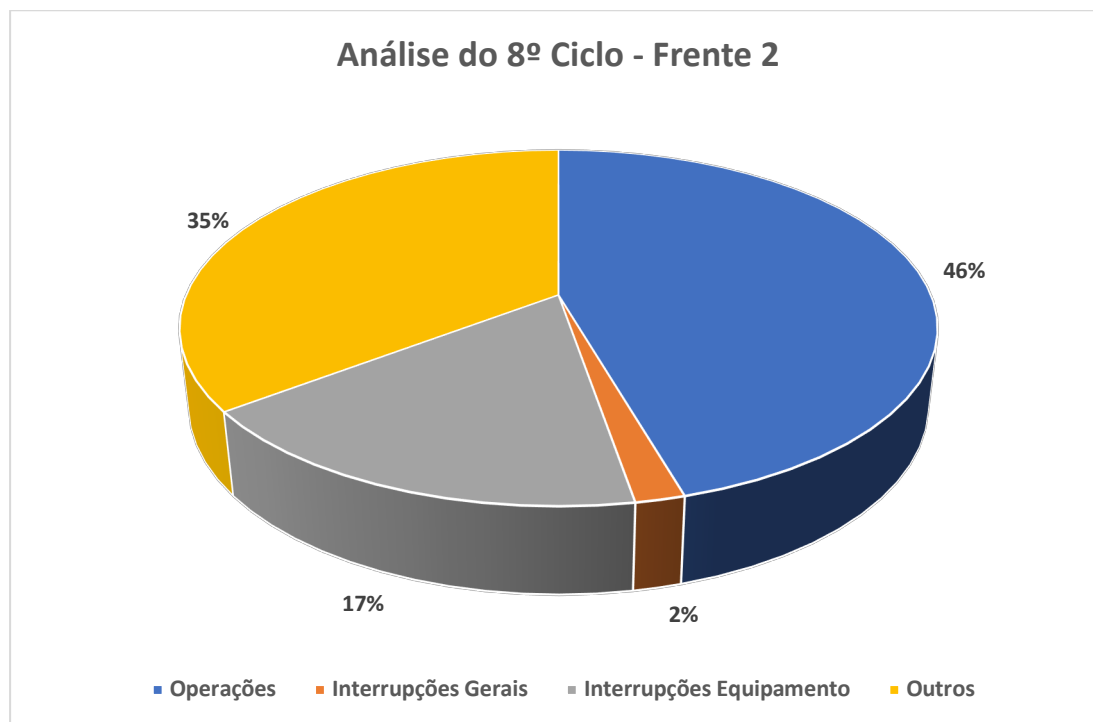


Ilustração 136 - Análise do 8º Ciclo da Frente 2

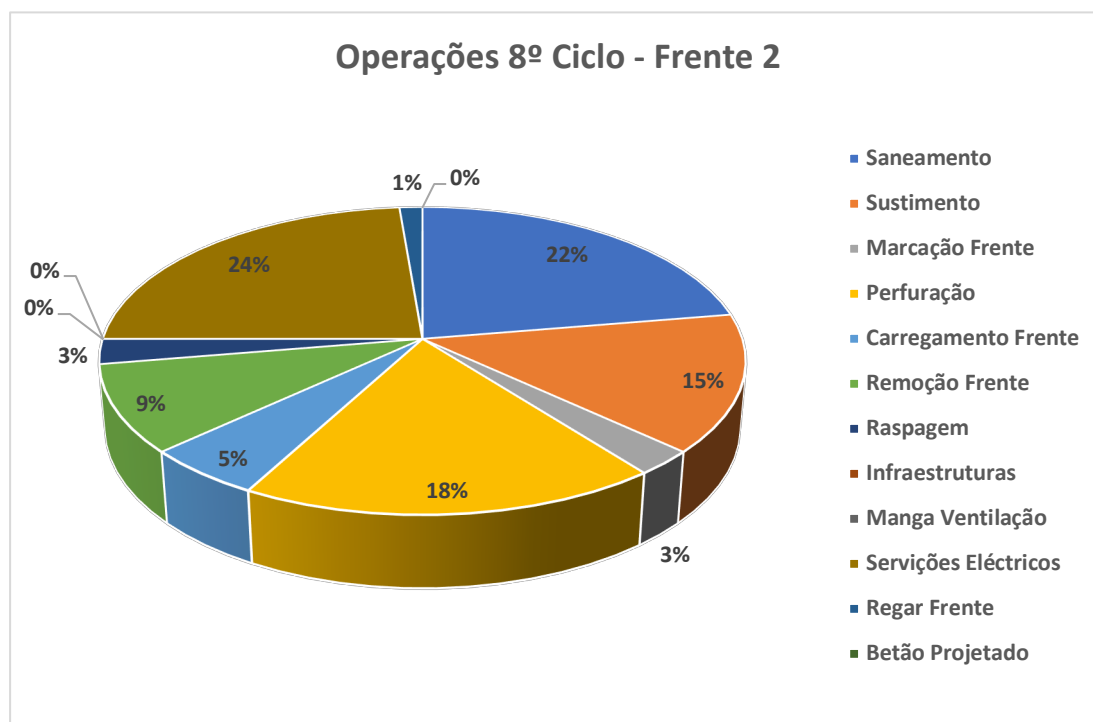


Ilustração 137 - Representação das Operações do 8º Ciclo da Frente 2

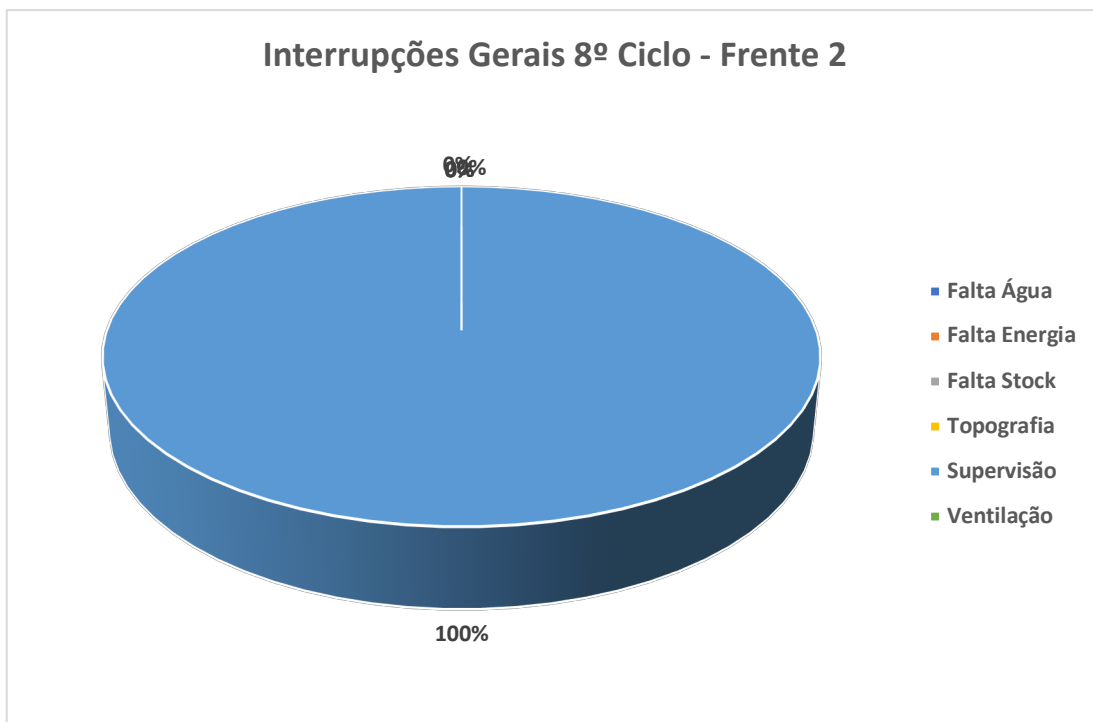


Ilustração 138 - Representação das Interrupções Gerais do 8º Ciclo da Frente 2

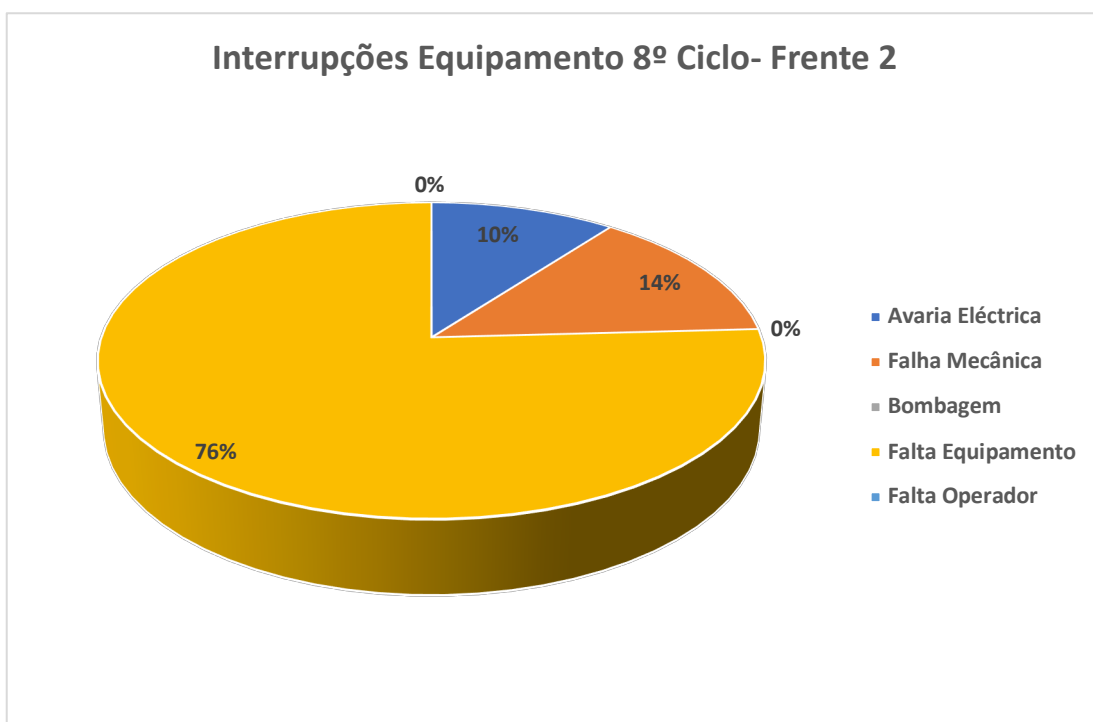


Ilustração 139 - Representação das Interrupções de Equipamento do 8º Ciclo da Frente 2

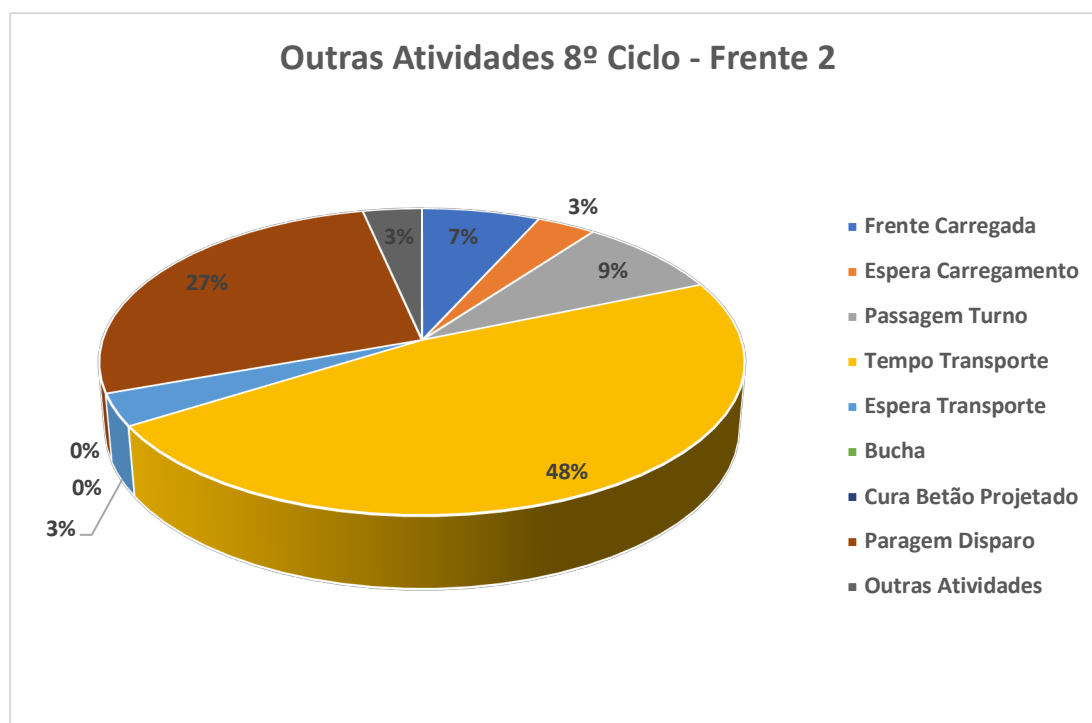


Ilustração 140 - Representação das Outras Atividades do 8º Ciclo da Frente 2

Anexo 19 - Gráficos 9º Ciclo Frente 2

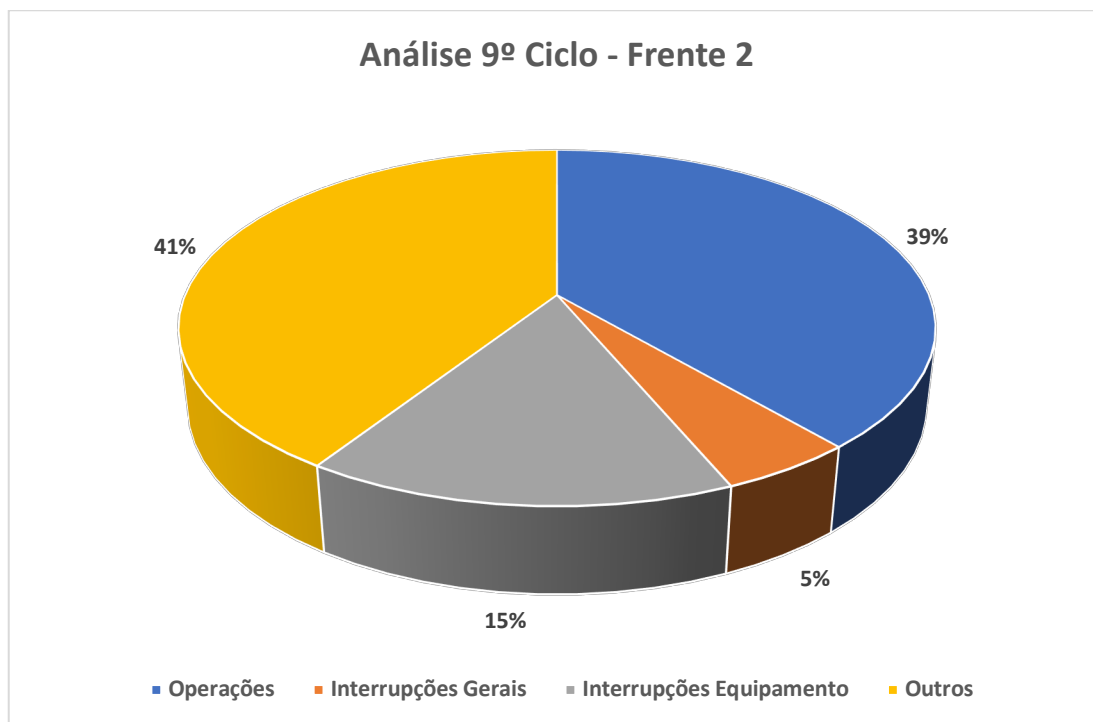


Ilustração 141 - Análise do 9º Ciclo da Frente 2

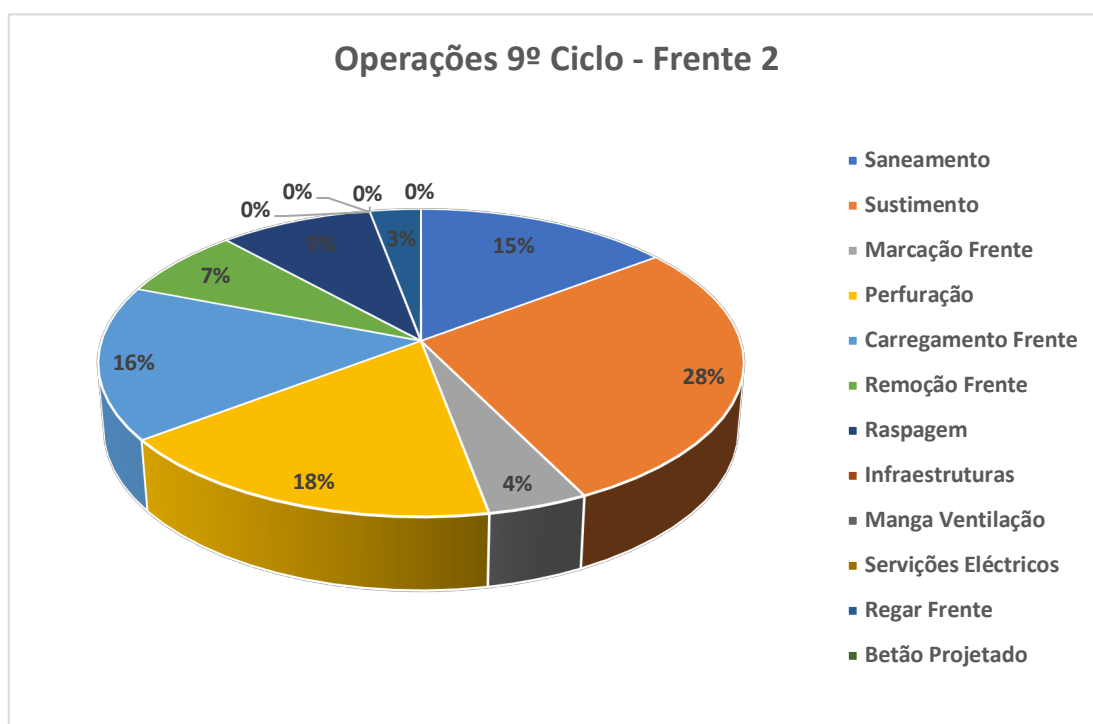


Ilustração 142 - Representação das Operações do 9º Ciclo da Frente 2

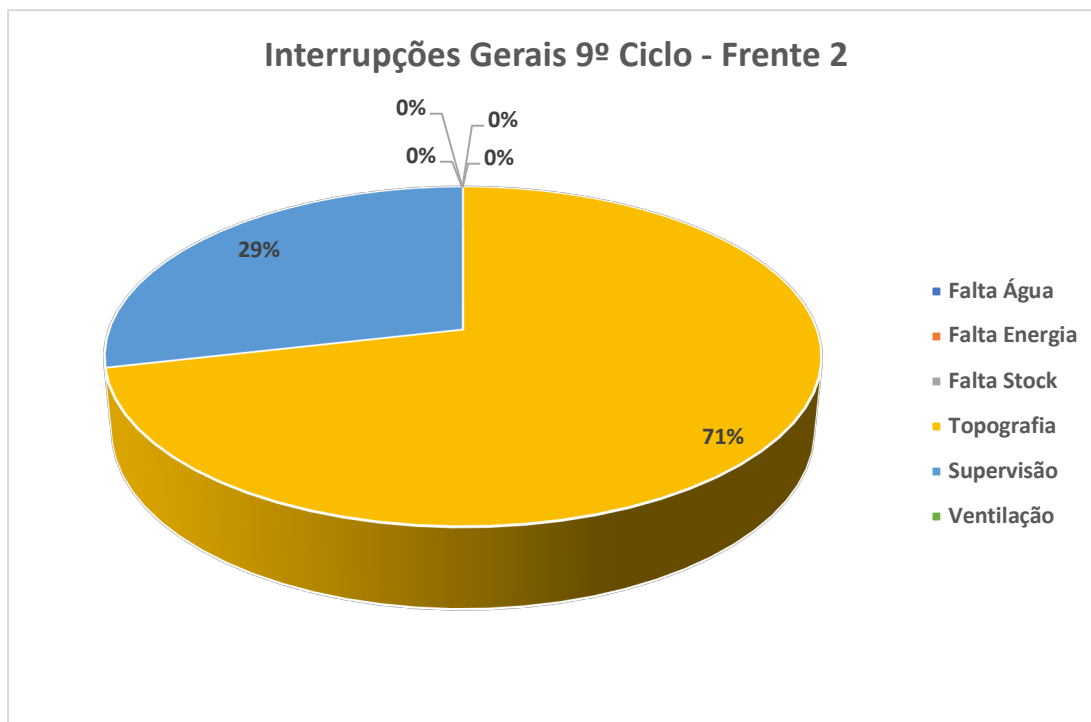


Ilustração 143 - Interrupções Gerais do 9º Ciclo da Frente 2

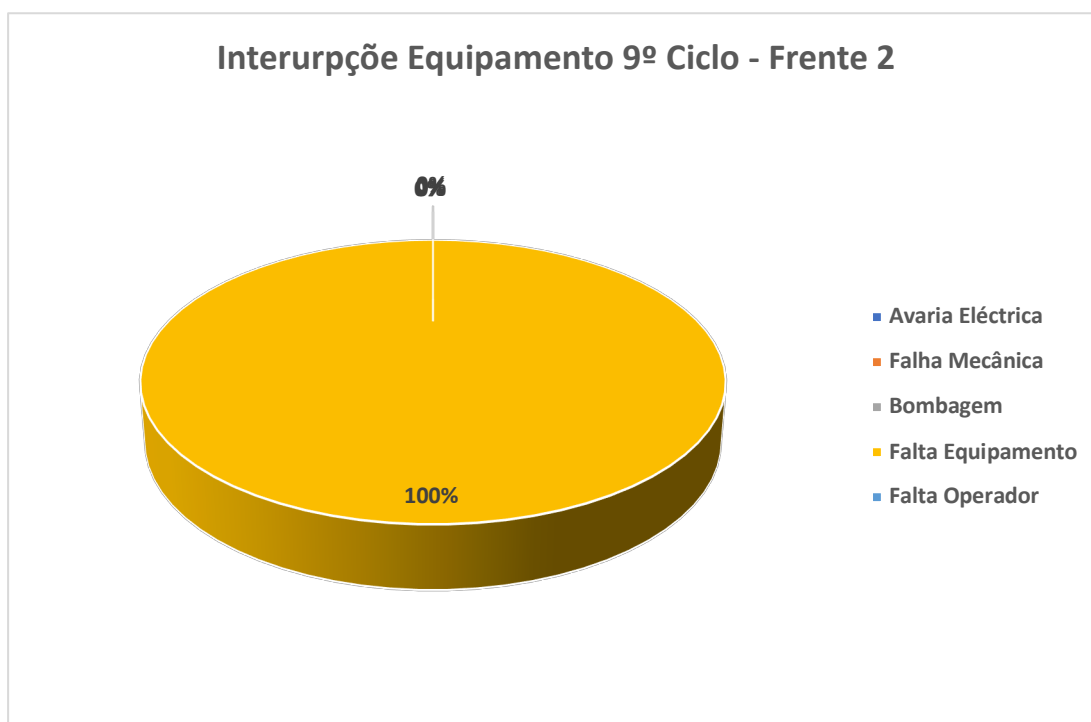


Ilustração 144 - Representação das Interrupções de Equipamento do 9º Ciclo da Frente 2

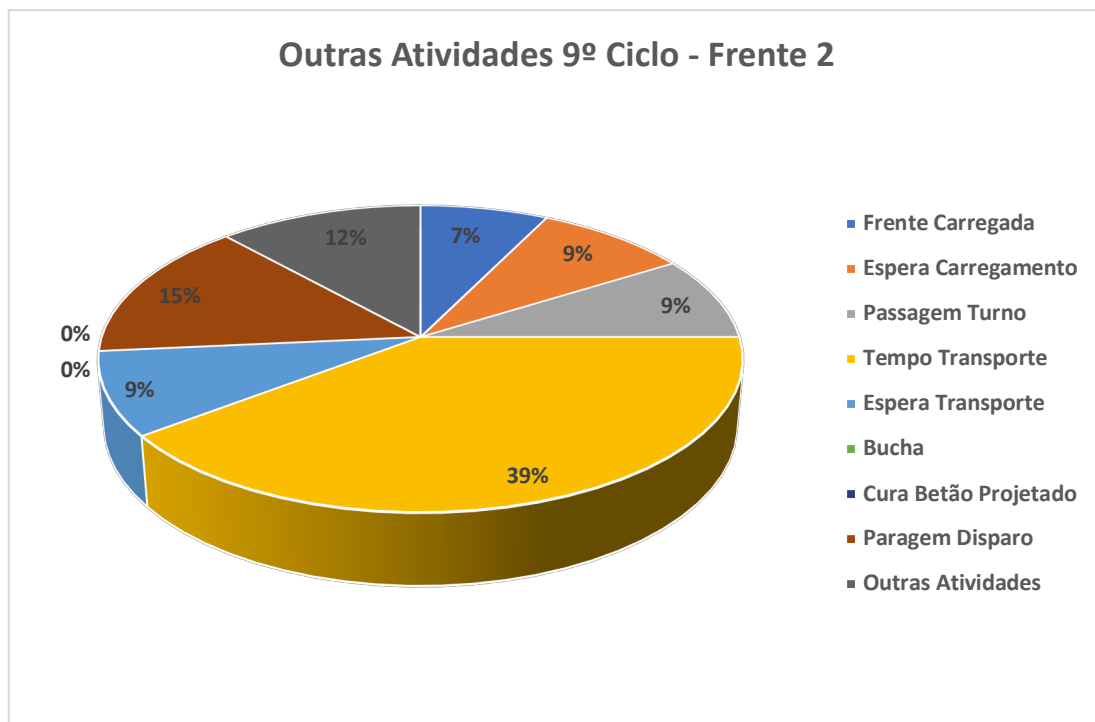


Ilustração 145 - Representação das Outras Atividades do 9º Ciclo da Frente 2