

3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

A APLICAÇÃO DO RCM2 E A LOGÍSTICA QUE GARANTEM A MANUTENÇÃO  
INDIVIDUALIZADA NOS 805 BLOQUEIOS DO METRÔ DE SÃO PAULO

**AUTOR**

Alexandre de Maio Parpinelli – Cia. Do Metropolitano de São Paulo

**INTRODUÇÃO**

1. Apresentação

Os bloqueios eletrônicos, conhecidos popularmente por “catracas”, do Metrô de São Paulo fazem parte do SCAP – Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros.

A principal função de uma linha formada por vários bloqueios é a de permitir a passagem de um usuário da área livre para a área paga das estações (acesso a plataforma) mediante a utilização de uma mídia válida, seja ela bilhete magnético, também chamado bilhete Edmonson, ou cartões tipo “contact less”, atualmente o BU- Bilhete Único (da SPTrans – Prefeitura de São Paulo) e o BOM – Bilhete Ônibus Metropolitano (da EMTU – Estado de São Paulo).

Historicamente, a primeira família de bloqueios chegou entre as décadas de 1960/1970 e foram produzidos na França pela CGA e equipam a Linha 1 - Azul.

A segunda família, produzida pela parceria CGA (França) / Control (Brasil), foi instalada entre as décadas de 1970/1980 e equipam a Linha 3 – Vermelha e a estação consolação da Linha 2 – Verde.

A terceira família, produzida pela parceria Ttrans (Brasil) / Telemática (Coréia) foi instalada entre 1990/2000 e equipam a Linha 5 – Lilás.

A quarta família, produzida pela Ttrans (Brasil) foi instalada na Linha 2 – Verde, exceto a estação Consolação, no fim de 2010.

Em 2005, após 1 ano de estudos, o Metrô de SP confeccionou o 1º plano de manutenção baseado na metodologia RCM2 na família de bloqueios CGA/Control. Posteriormente, foram realizados outros estudos e aplicada à metodologia nos demais bloqueios totalizando 805 equipamentos em 59 estações.

## 2. Contexto Operacional

Em linhas gerais, cada bloqueio que compõe a linha pode ser operado para entrada ou saída, permitindo o controle de fluxo de usuários na estação.

Pode ser comparado a um conjunto de bombas que trabalham em paralelo, permitindo duplo sentido de fluxo.

A quantidade de usuários que define a utilização dos bloqueios, bem como a proporção entre os tipos de mídia para validação de passagem, depende de fatores como:

- Localização da estação, centro ou bairro, e presença de universidade(s), escola(s), conjunto(s) habitacional(ais), conjuntos comerciais, etc., no entorno.
- Horários de pico/vale e dias da semana.
- Bloqueios de interligação com outras linhas de metrô ou outros modais como ônibus (municipais, intermunicipais e interestaduais – estações em terminais rodoviários) e trem metropolitano.
- Estratégia operacional: por exemplo, redução da quantidade de bloqueios que permitem entrada na estação para diminuir a lotação da plataforma melhorando a segurança do embarque.

### 3. Principais Características

#### 3.1. Leitor de bilhetes

O módulo leitor de bilhete Edmonson traciona o bilhete, inserido pelo usuário na fenda de entrada, para dentro do bloqueio para que seja lido/escrito pelas cabeças magnéticas e processado. A automação para tal se utiliza de elementos como motor, correias, roletes, rolamentos, guias, solenoides, etc. conforme fotos da figura 1.

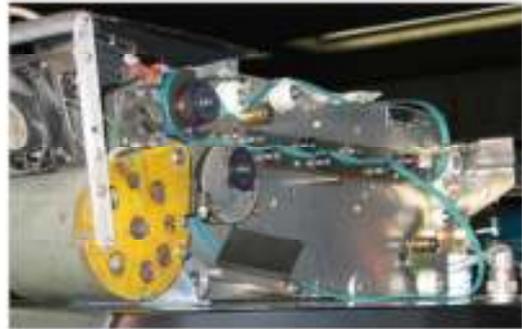
O bilhete, após ser processado, tem dois destinos possíveis: devolução ao usuário ou recolhimento a um balde interno.

Devido ao suporte da tarja magnética ser de papel, figura 2, e o bilhete ser picotado para separação e venda, pequenas farpas de papel se acumulam no mecanismo e nos sensores o que demanda ações de limpeza.

A grande maioria dos componentes do leitor Edmonson necessita de manutenção cuja periodicidade é definida em função da quantidade de bilhetes processados.



*Leitor de Bilhete CGA/Control: cabeças magnéticas de leitura/gravação durante limpeza*



*Leitor de Bilhete CGA/Control: motor e correias de tracionamento*



*Leitor de Bilhete Trans/Telemática (equipa também o bloqueio de porta de vidro)*



*Leitor de Bilhete Trans/Telemática – cabeças magnéticas*

**Figura 1 – Leitores de Bilhetes: Componentes internos**



**Figura 2 – Bilhete Edmonson Unitário**

### 3.2. Barreira

Nos modelos CGA, CGA/Control e Ttrans/Telemática a barreira à passagem do usuário é implementada por um tripé de 3 braços equidistantes que, através de sistema de trevo, balancim/braço, amortecedor, rolamentos e mola mantêm o conjunto com 1 dos braços estabilizado na posição horizontal.

O controle de posicionamento se dá através de micro switches, para CGA e CGA/Control, e sensores magnéticos, para o Ttrans, (figura 3). O travamento do tripé, que impede a passagem do usuário, é feito por um solenoide.

Por ser uma barreira passiva, o usuário a transpõe com o movimento do próprio corpo após a sinalização de autorização de passagem.

Os componentes do sistema de tripé necessitam de manutenção cuja periodicidade é definida em função da quantidade de usuários que passam pelo bloqueio, seja para entrar ou para sair da estação.



*Mecanismo tripé CGA*



*Mecanismo Tripé Control*



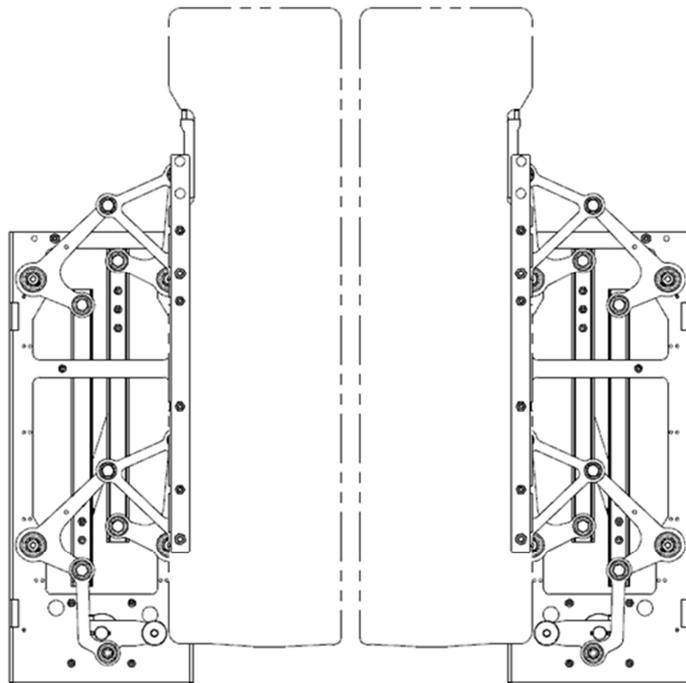
*Mecanismo tripé Trans/Telemática*

**Figura 3 – Mecânica do Tripé**

No modelo Ttrans a barreira é implementada por portas de vidro móveis. Basicamente, um servomotor aciona a porta através de hastes com rolamentos blindados, figura 4.

Neste caso, o usuário só transpõe a barreira após a abertura da porta, ou seja, trata-se de uma barreira ativa.

Diferentemente dos sistemas a tripé, não há amortecedor ou trevo e o controle é realizado pelo "encoder" do servomotor. Não foi detectada a necessidade de ajuste mecânico ou lubrificação, apenas inspeções visuais mensais do movimento e da fixação das portas.



**Figura 4 – Sistema Mecânico do bloqueio Ttrans de porta de vidro**

### 3.3. Demais módulos

Merece atenção os detectores de presença de usuários do corredor do bloqueio e os pictogramas, que são painéis retro iluminados instalados no corpo do bloqueio que informam o sentido de entrada e saída para os usuários. Ambos sofrem interferência em função de poeira e necessitam de limpeza periódica em intervalos de tempo pré-definidos.

O gabinete de aço inox, que estrutura o bloqueio, acomoda e protege os componentes internos, possui portinholas de acesso que recebem lubrificação nas fechaduras e nas dobradiças em intervalos de tempo pré-definidos.

## 4. O Plano Anual de Manutenção de Bloqueios

A aplicação do estudo do RCM2, além de outros benefícios, resultou na reformulação dos roteiros de manutenção preventiva visando atender as necessidades específicas de cada módulo.

Os roteiros são compostos por ações de medição, verificação, limpeza, ajuste, lubrificação e, em caso de necessidade, substituição tanto de componentes como do próprio módulo. São

batizados como P1, P2,..., PF, PG, etc., cada um deles atende a um módulo ou parte do bloqueio de uma determinada família e demandam Hxh (Homem x Hora) para aplicação.

O plano de manutenção é confeccionado inteiramente em planilhas Excel e seu processo é descrito na figura 5.

#### 4.1. Captação de dados de utilização

A confecção do plano se inicia com a coleta de informações no CCO – Centro de Controle Operacional para onde são enviados todos os dados de passagens processadas para geração de relatórios de contagem e de cunho contábil. Paralelamente, o mesmo levantamento é feito localmente pelas equipes de campo nos contadores eletromecânicos dos equipamentos.

São produzidas 4 planilhas para inserção de dados uma para cada linha, a saber: L1 – Azul, Linha 2 – Verde, Linha 3 – Vermelha e Linha 5 – Lilás.

O período de amostragem equivale a uma semana típica do ano, ou seja, ausente de feriados na própria semana, na semana anterior e posterior, geralmente entre os meses de setembro a novembro, para cada um dos bloqueios do parque instalado.

Os dados do ano corrente são utilizados para a programação do ano seguinte.

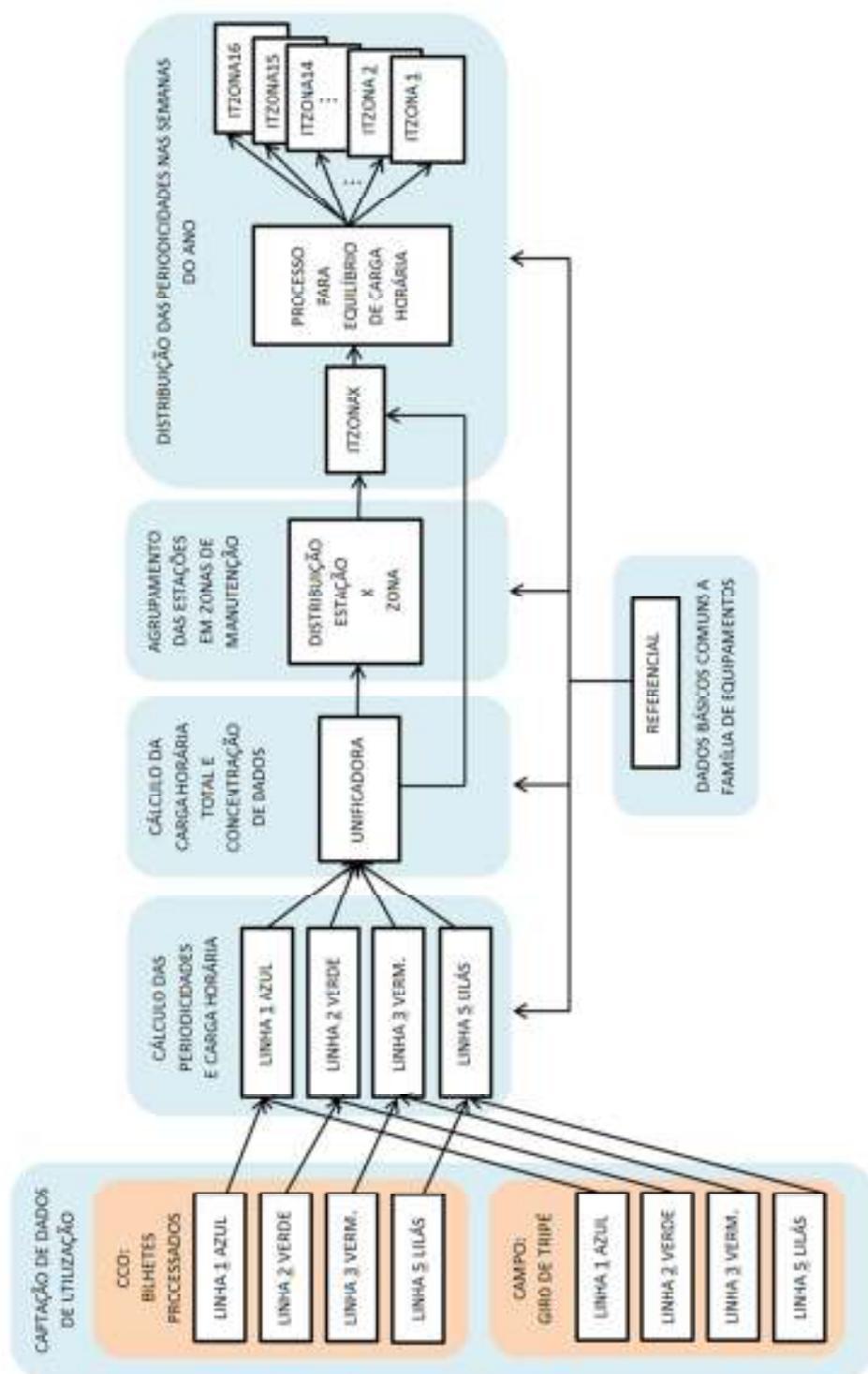


Figura 5 – Fluxo para confecção do plano de manutenção

#### 4.2. Cálculo das Periodicidades e Carga Horária

A partir destes dados, é feito o cálculo de periodicidade conforme a família do bloqueio.

A análise dos módulos apoiada na metodologia do RCM2 determinou a quantidade de ciclos ou tempo para as intervenções de manutenção.

Por exemplo: Para o leitor Edmonson do bloqueio CGA devem ser aplicadas as ações descritas no roteiro “P1” a cada 55.000 bilhetes processados.

Supondo que um bloqueio CGA processou 30.000 bilhetes em uma semana, tem-se, após os devidos arredondamentos, que a periodicidade para a aplicação do roteiro P1, para este equipamento, é de 2 semanas.

Desta forma, o colaborador da manutenção visita o equipamento a cada duas semanas e aplica o roteiro P1 dentro de tempo de atuação estabelecido para o mesmo..

Para os leitores Edmonson CGA e CGA/Control foram estipuladas 3 Preventivas: P1 (citada no exemplo – 55.000 bilhetes), P2 (110.000 bilhetes) e P3 (330.000 bilhetes). A P2, além de ações próprias, engloba as ações da P1 e a P3 as ações da P2.

O mesmo processo se dá para a mecânica do tripé. Nos bloqueios CGA e CGA/Control são 3 preventivas: P4 (200.000 usuários), P5 (400.000) e P6 (CGA – 800.000 e CGA/Control – 1.200.000) sejam o giro para entrar ou sair. Para estas famílias de bloqueio as periodicidades também são cumulativas sendo a P4 dentro da P5 e esta dentro da P6. Consequentemente, as periodicidades das preventivas são múltiplas.

Para as ações nos módulos que se degradam com o tempo têm-se as preventivas independentes P7, P8 e P9 cujas periodicidades são 3, 12 e 52 semanas respectivamente.

Nas tabelas 1 a 3 há as preventivas, os parâmetros para cálculo de periodicidade e o tempo necessário para execução de cada roteiro para cada família de equipamento.

A tabela 4 mostra um exemplo prático das periodicidades definidas para os bloqueios das estações Belém e Bresser para 2015. Nota-se que há periodicidades distintas para cada bloqueio dentro da própria estação.

Os dados das 4 planilhas de inserção são transferidos para 4 planilhas de cálculo de periodicidade onde também são calculadas as cargas horárias de trabalho para cada bloqueio e para cada estação.

Em 2014 foram programadas 26.216 preventivas para 2015.

TIPO PREVENT.	CICLOS							TEMPO		
ÁREA DO BLOQUEIO	LEITOR DE BILHETE			MECANISMO TRIPÉ				GERAL		
ROTEIRO	P1	P2	P3	P4	P5	P6 (CONTROL)	P6 (CGA)	P7	P8	P9
CICLO/TEMPO(SEM)	55.000	110.000	330.000	200.000	400.000	800.000	1.200.000	3	12	52
EXECUÇÃO (MIN)	20	35	45	15	38	50	55	7	15	65

**Tabela 1 - Parâmetros Bloqueios CGA e CGA/Control**

TIPO PREVENT.	CICLOS			TEMPO	
ÁREA DO BLOQUEIO	LEITOR DE BILHETE	MECANISMO TRIPÉ		GERAL	
ROTEIRO	PE	PF	PG	PH	PI
CICLO/TEMPO(SEM)	35.000	35.000	105.000	13	52
EXECUÇÃO (MIN)	20	15	38	5	10

**Tabela 2 - Parâmetros Bloqueios Ttrans/Telemática (PG engloba as ações da PF)**

TIPO PREVENT.	CICLOS	TEMPO
ÁREA DO BLOQUEIO	LEITOR DE BILHETE	GERAL
ROTEIRO	PJ	PK
CICLO/TEMPO(SEM)	35.000	4
EXECUÇÃO (MIN)	20	30

**Tabela 3 - Parâmetros Bloqueios Ttrans Porta de Vidro**

Bloq.	Estação	Tipo	Preventiva										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	J	K
8	Belém	Control			52	2	4	8	4	12	52	-	-
9	Belém	Control			52		3	12	3	12	52	-	-
10	Belém	Control			52	3	6	12	3	12	52	-	-
11	Belém	Control			52	4	8	16	4	12	52	-	-
12	Belém	Control	25		50	6	12	24	6	12	52	-	-
13	Belém	Control	6	12	36	2	4	12	3	12	52	-	-
14	Belém	Control	8	16	48	3	6	12	3	12	52	-	-
15	Belém	Control	8	16	48	3	6	12	3	12	52	-	-
16	Belém	Control	22		44	5	10	20	5	12	52	-	-
90	Belém	Porta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52	4
3	Bresser	Control			52	5	10	20	5	12	52	-	-
4	Bresser	Control	6	12	36	3	6	12	3	12	52	-	-
5	Bresser	Control	5	10	30	3	6	12	3	12	52	-	-
6	Bresser	Control	7	14	42	4	8	16	4	12	52	-	-
7	Bresser	Control	21		42	6	12	24	6	12	52	-	-
8	Bresser	Control			52	9	18	36	6	12	52	-	-
9	Bresser	Control			52		4	16	4	12	52	-	-
10	Bresser	Control			52	3	6	12	3	12	52	-	-
11	Bresser	Control			52	3	6	12	3	12	52	-	-
12	Bresser	Control			52	4	8	16	4	12	52	-	-
90	Bresser	Porta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52	4

**Tabela 4 – Periodicidades calculadas para os bloqueios das estações Belém e Bresser da linha 3 Vermelha**

#### 4.3. Cálculo de Carga Horária Total e Concentração dos Dados

Todas as periodicidades e cargas horárias anuais de cada equipamento são agrupadas em uma planilha “Unificadora” para melhor organização, busca de dados por outras planilhas e cálculo do Hxh anual total.

#### 4.4. Zonas de Manutenção

A planilha de Zonas de manutenção busca as informações de estação e respectiva carga horária na planilha unificadora.

A periodicidade de cada um dos 805 bloqueios, as respectivas cargas horárias e outros fatores como facilidade de acesso, posição geográfica das estações, transporte das equipes ao longo da linha, equilíbrio de carga de trabalho, etc. fornecem subsídios que norteiam anualmente o agrupamento das estações em 16 zonas de manutenção.

Cada zona de manutenção possui um colaborador responsável que aplica os procedimentos conforme programação durante o período das 4 horas noturnas, ou seja, fora do horário comercial quando o equipamento é liberado para manutenção.

Exemplos:

- Zona 1: Jabaquara, Conceição, São Judas e Saúde.
- Zona 3: Chácara Klabin, Imigrantes, Vila Prudente, Sacomã, Tamanduateí, Alto do Ipiranga, Ana Rosa e Paraíso.
- Zona 5: São Bento e Luz
- Etc.

A seleção da estação para a respectiva zona é feita de forma manual, a planilha verifica se todas as estações foram alocadas, informa a carga horária total de cada zona e se não houve estouro de Homem x hora com relação à média para cada zona e o disponível para o ano. Em função destes fatores, em algumas zonas de manutenção ter-se-ão bloqueios de famílias diferentes, com suas preventivas e respectivos tempos de atuação.

#### 4.5. Distribuição das Preventivas nas Semanas do Ano

Na planilha ITZONAX, onde “X” é a zona de manutenção, o processo se inicia pela seleção da zona para a qual se deseja fazer a distribuição. Na planilha, na tabela principal, são alocadas as estações, bloqueios e as respectivas periodicidades buscando estas informações nas planilhas anteriores em função da zona selecionada, tabela 5.

Através de fórmulas que identificam se a periodicidade do bloqueio para cada preventiva é múltipla com relação ao equivalente numérico da semana, é feita a distribuição automática das preventivas ao longo do ano.

No exemplo da Zona 1, na tabela 5 em destaque azul, para o bloqueio 09 de Jabaquara observa-se a distribuição da Preventiva P1 cuja periodicidade é de 4 semanas. Desta forma, as fórmulas distribuem a P1 automaticamente (na coluna da semana 4 e 8 o nº 1).

Na semana 12 tem-se a P2 (periodicidade de 12 semanas) e não a P1. Isto se deve ao fato da P2 englobar as atividades da P1. O mesmo ocorre na semana 24, onde se tem a P3 e não mais a P2 e P1.

A coluna carga horária calcula a quantidade de minutos necessários à execução das preventivas do bloqueio para cada semana do ano. Por exemplo: na semana 4 o bloqueio 09 de Jabaquara passará pelas preventivas P1, P4 e P7. Na mesma semana, na coluna carga horária, tem-se o somatório, em minutos:  $20(P1)+15(P2)+7(P7) = 42$ .

A figura 6 representa de forma gráfica a distribuição das preventivas para alguns bloqueios da Zona 1, o 09 de Jabaquara, o 01 e o 09 de Saúde nas 52 semanas do ano, as preventivas "empilhadas" e os minutos de atuação acumulados para cada semana. Nota-se que a distribuição não é linear, apresentando semanas onde não há atividade programada e em outras, principalmente naquelas cujo numeral correspondente apresenta diversos múltiplos, semanas 4, 8, 12, 24, etc., ocorrem diversos picos.

Devido a não linearidade das cargas de trabalho de cada bloqueio, a carga acumulada da zona extrapola o limite de tempo da equipe de 1200 minutos, que equivale a 5 noites de 4 horas cada (5 x 4 x 60 min), em várias semanas do ano e zero em outras. Destacado dentro do quadro vermelho na tabela 5.

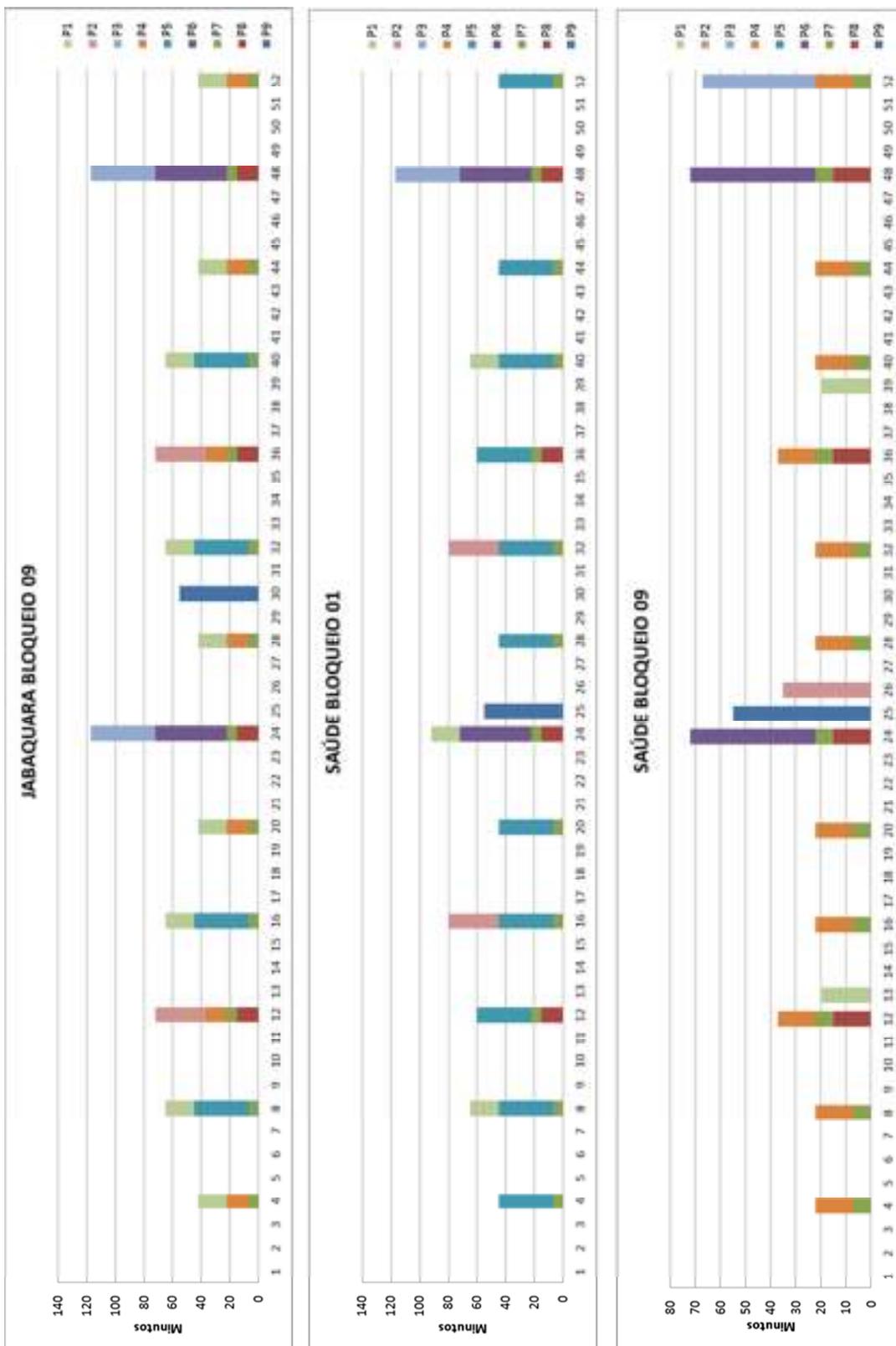


Figura 6 – Exemplificação gráfica da distribuição das preventivas nas semanas do ano



## DIAGNÓSTICO

Com o objetivo de diminuir os picos e redistribuir a carga horária de cada semana, optou-se por deslocar as sequências de cada bloqueio, mantendo suas periodicidades, redistribuindo-as nas semanas do ano.

As sequências de preventivas de cada bloqueio são deslocadas, de forma a ocupar as semanas que não possuem atividades programadas ou com baixa carga horária, até que se encontre uma combinação cujo somatório dos tempos das atividades da zona de manutenção não extrapolem o limite. A figura 7 mostra as sequências da figura 5 já deslocadas.

Para tal, na fórmula de distribuição, é acrescido um número, proveniente de uma célula exclusiva para cada bloqueio, denominado “Deslocador”, coluna DESLOC na tabela (5), que altera a referência para cálculo dos múltiplos entre as semanas e as periodicidades de cada bloqueio.

Em resumo, há um número para cada um dos bloqueios que determina a posição das periodicidades de forma a atingir o ponto ótimo de distribuição de carga de trabalho, ao longo das semanas do ano, para a zona de manutenção.

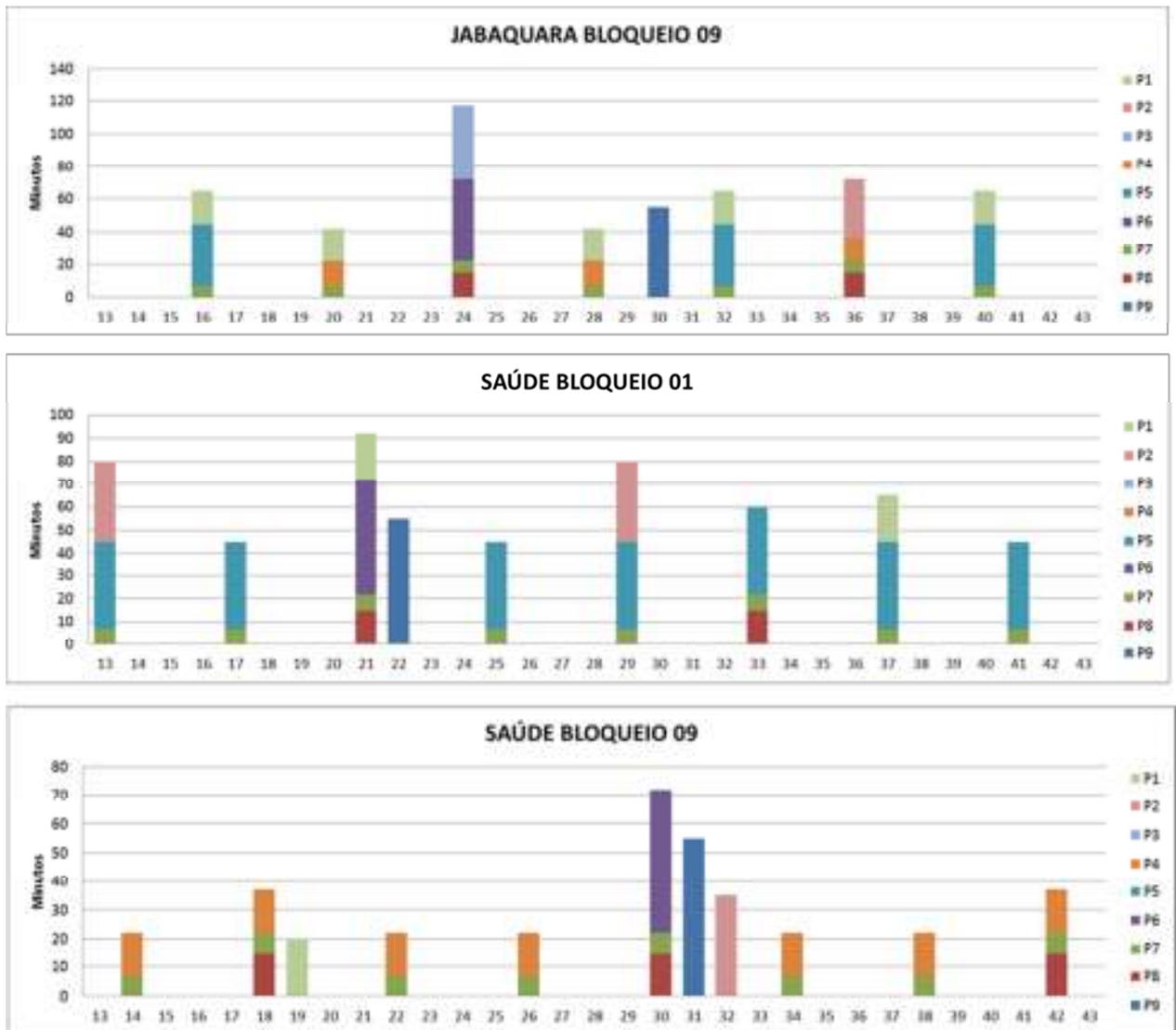


Figura 6 – Exemplificação gráfica dos deslocamentos das preventivas

Devido à complexidade da planilha aliada às infinitas combinações possíveis dos deslocadores de cada bloqueio da zona de manutenção, adotou-se o recurso do Excel de cálculo manual com a habilitação de iteração.

#### 4.6. Deslocamento das Periodicidades

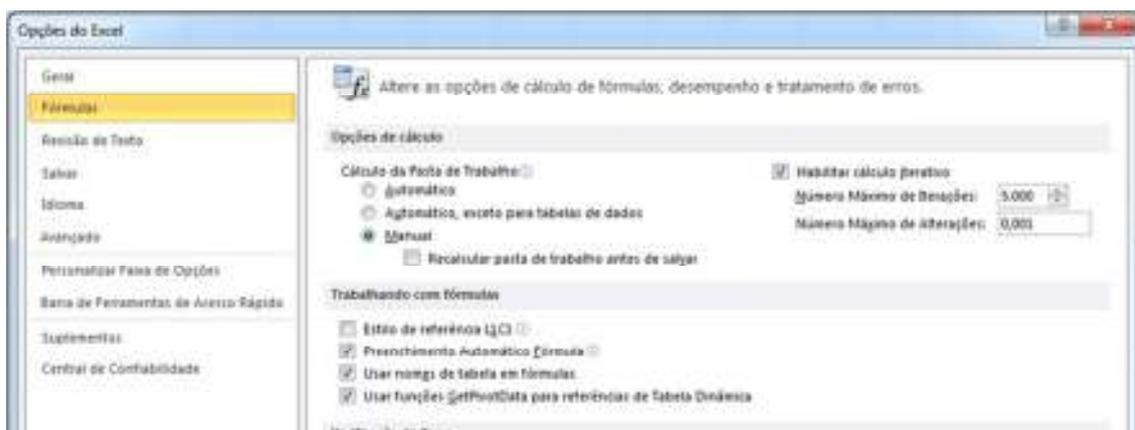
Por default, a função de cálculo do Excel está sempre habilitada no modo automático, figura 8, o que faz com que as operações da planilha sejam realizadas instantaneamente após o preenchimento da célula.



**Figura 8 – Modo Automático Habilitado**

Ao habilitar o recurso de cálculo manual com iteração o operador determina o momento em que os cálculos da planilha são executados. Figura 9

Nesta condição, o Excel permite recursividade em suas células, ou seja, é possível escrever uma fórmula dentro de uma célula com referência a ela própria, sendo recalculada na quantidade de vezes estipulado no campo “Número máximo de Iterações”.



**Figura 9 – Modo Manual com Iteração**

As fórmulas da planilha foram todas baseadas nestes recursos o que permite a execução cadenciada dos deslocamentos. A planilha é calculada ao ser pressionada a tecla F9, sendo possível observar em tempo real cada um dos deslocamentos.

O processo se dá na seguinte ordem:

- 1º. Após a seleção da zona a planilha busca as informações nas planilhas anteriores e monta a tabela “Principal”, por exemplo, a tabela 5 para a zona 1.
- 2º. Em uma tabela denominada “Seleção” é determinada qual bloqueio terá sua sequência de periodicidades deslocada. Inicia-se pelo primeiro bloqueio da tabela “Principal”.
- 3º. Em uma tabela chamada “Deslocadora”, tabela 6, o primeiro bloqueio da zona, o bloqueio 02 de Jabaquara da tabela “Principal” (tabela 5), tem sua sequência de periodicidades copiada 99 vezes variando o deslocador de 1 a 99 na coluna “DESLOC” da

tabela 6, destacada em azul. Notam-se as preventivas deslocadas nas semanas do ano em função do valor do deslocador.

4º. Para esta tabela a carga horária total semanal é a soma da carga de todos os bloqueios da zona, exceto o bloqueio 02 de Jabaquara no seu deslocamento atual, com a carga horária do mesmo bloqueio em cada um dos 99 deslocamentos.

5º. Sobre a sequência de carga horária para cada deslocamento é calculado o desvio padrão (coluna DESV. PADR.) e detectado o pico (coluna MAX), destacado em verde da tabela 6.

6º. A planilha identifica na tabela “Deslocadora”, dentre os deslocamentos, qual fornece simultaneamente o menor desvio padrão e o menor pico de carga horária. Na tabela 6, destacado em vermelho, foi identificado o deslocador "67" para este bloqueio.

7º. Ao ser definido, a tabela “Principal” adota este valor no deslocador deste bloqueio, redistribui as preventivas nas semanas e recalcula a carga horária.

8º. Uma tabela chamada “Verificadora” faz a conferência da carga horária entre a “Principal” e a “Deslocadora” e verifica se ambas estão atualizadas com a mesma carga horária para todas as semanas.

9º. Após a confirmação, a tabela “Seleção” é incrementada selecionando o próximo bloqueio da tabela “Principal” a ser copiado para a tabela “Deslocadora”, repetindo toda a sequência para o segundo bloqueio e assim progressivamente até o último bloqueio da zona, o 09 de Saúde.

10º. Como os deslocamentos promovem novas possibilidades, o processo se repete começando pelo 1º bloqueio até o último diversas vezes.

11º. Sempre que o processo passar pelo último bloqueio é gravado, de forma sequencial, o desvio padrão da tabela principal em uma tabela denominada “Estabilização” na coluna “Registro”. Quando houver 2 registros sequenciais iguais o processo alcançou o seu ponto ótimo e o processamento para.

A sequencia descrita pode ser resumida no fluxograma da figura 10.

ESTAÇÃO	BLOCO	PREVENTIVAS								DESLOC. PAOR.	DESLOC. PAOR.	PREVENTIVAS DESLOCADAS																								CARGA HOR. BLOCO PERIODO/CIDADE DESLOCADA + BLOCOS DA ZONA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
		1	2	3	4	5	6	7	8			9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1464	1465	1466	1467	1468	1469	1470	1471	1472	1473	1474	1475	1476

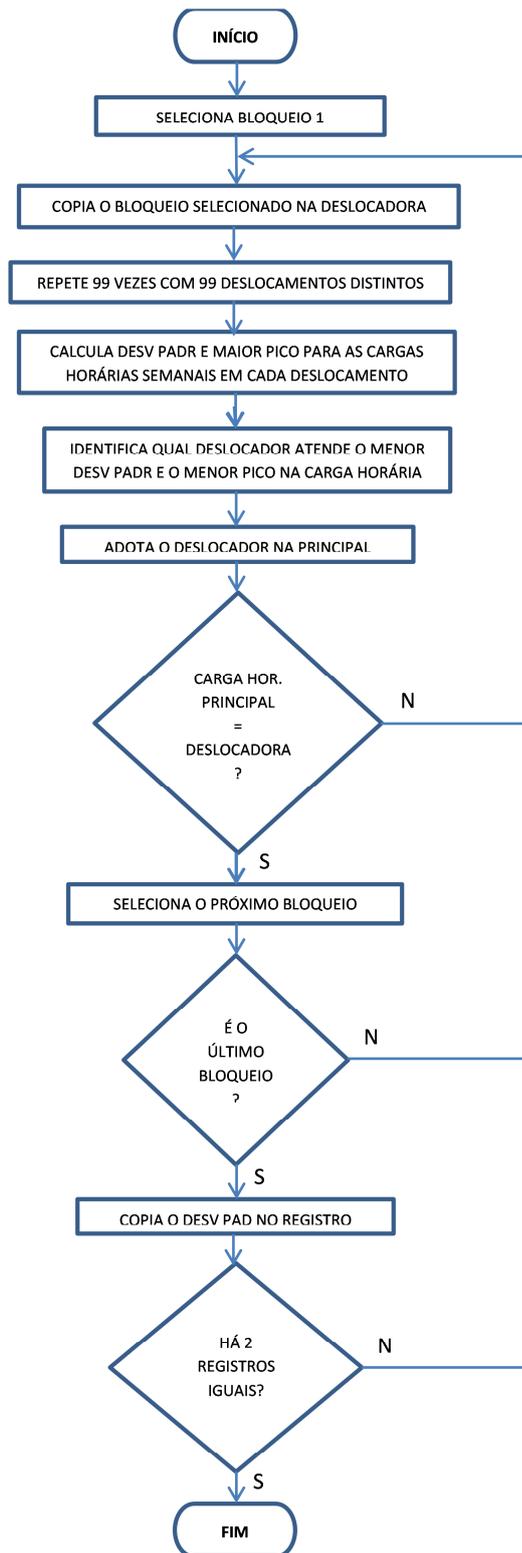


Figura 10 – Fluxograma do processo de deslocamento das sequencias de cada bloqueio que compoe a zona de manutenção

#### 4.7. Ajustes Finais

Este método contempla a distribuição para semanas completas, ou seja, sem feriados. Desta forma, ao final do processo a tabela Principal de cada zona de manutenção é copiada em outras planilhas onde são realizados ajustes de forma manual, exclusivamente nas semanas que possuem feriados.

### **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

O processo necessita, em média para uma zona de manutenção com 4 estações, 432 deslocamentos com o Excel rodando por aproximadamente 10 minutos.

O gráfico da figura 11 demonstra a evolução da distribuição das cargas a cada deslocamento, ou seja, a cada vez que todos os bloqueios passam pelo processo. Nota-se que os picos vão reduzindo e se acomodando dentro da faixa limite de 1200 minutos.

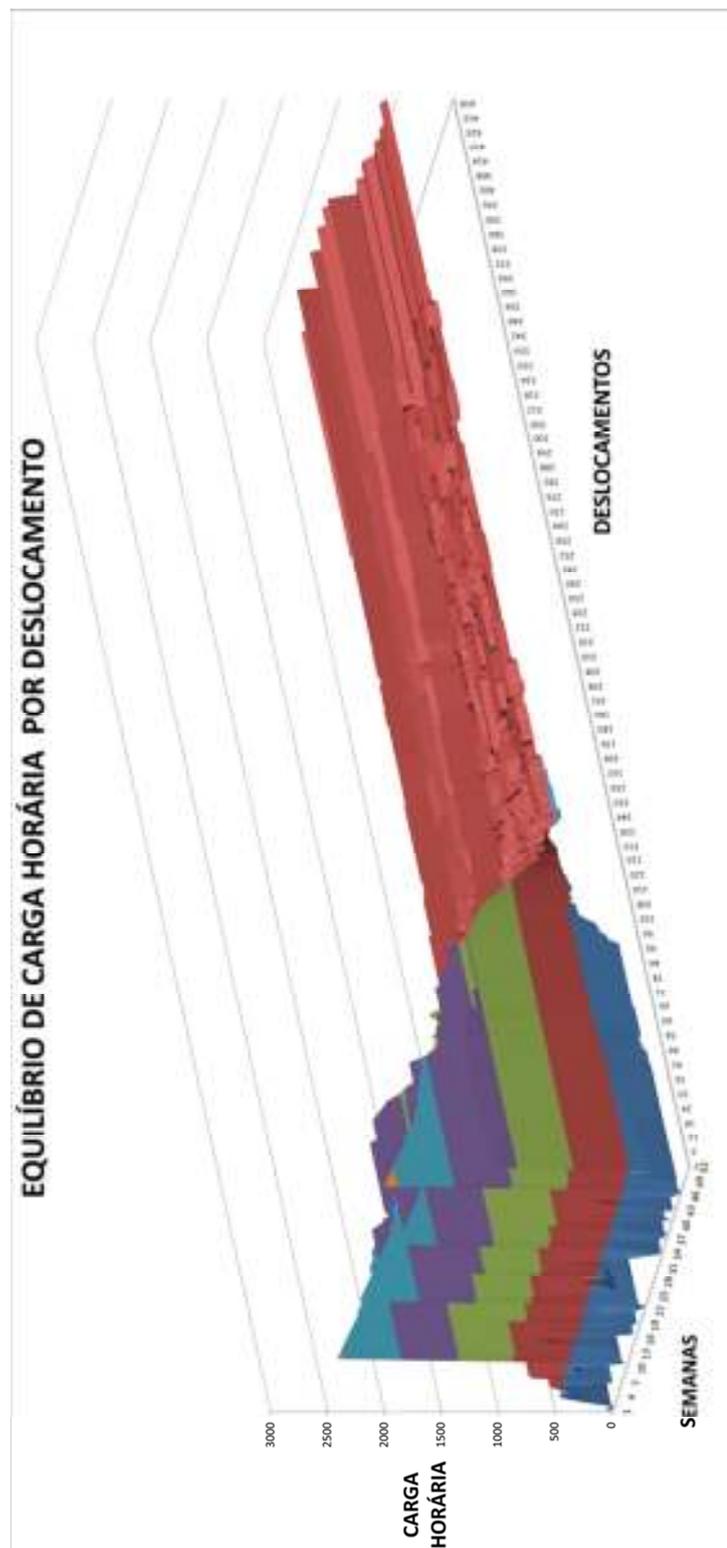


Figura 11 – Gráfico que demonstra a evolução da distribuição da carga horária de trabalho da zona de manutenção em função da quantidade de deslocamentos durante processo de distribuição de carga horária

## **CONCLUSÕES**

1. O processo de deslocamento das preventivas, mantendo-se as periodicidades, se mostra eficiente na determinação dos deslocadores para a composição da zona de manutenção, permitindo o encaixe entre as diversas cargas horárias de distintas famílias de equipamentos.
2. Por basear-se em uma amostragem anual, alterações de demanda abruptas como deslocamentos de linhas de ônibus, novas integrações, etc. podem não acompanhar o perfil de manutenção determinado para cada bloqueio, sendo necessário um novo levantamento.
3. Em caso de alteração na linha de bloqueios, como inserção ou retirada de equipamentos, o ajuste na programação é feito de forma manual.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Não há.