

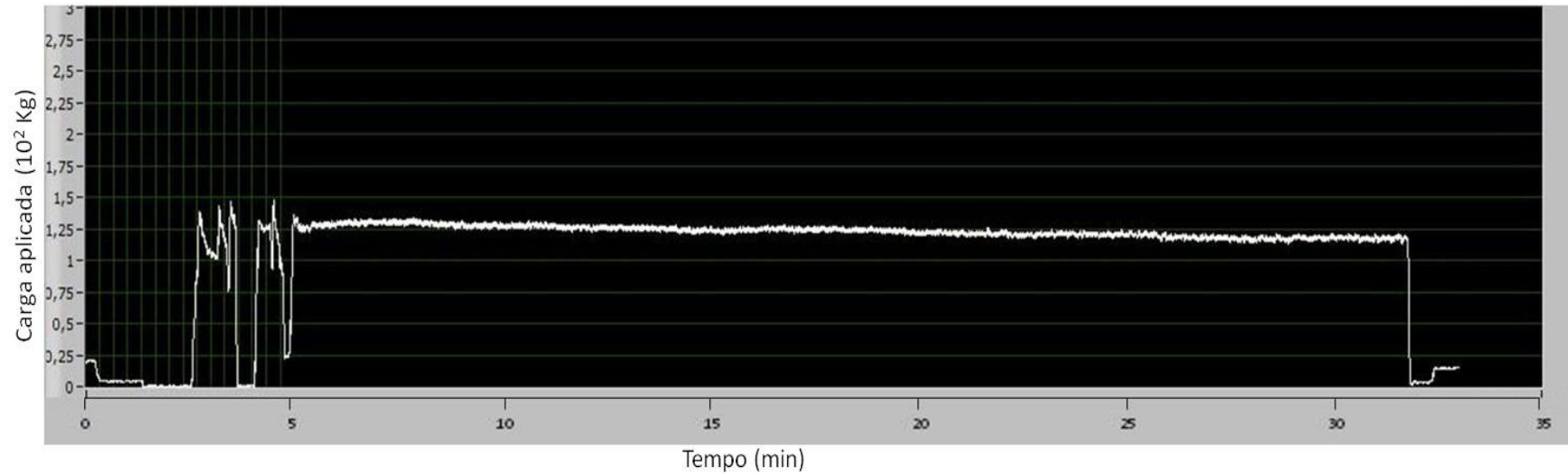


Figura C. 47 – Força registrada para o sétimo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

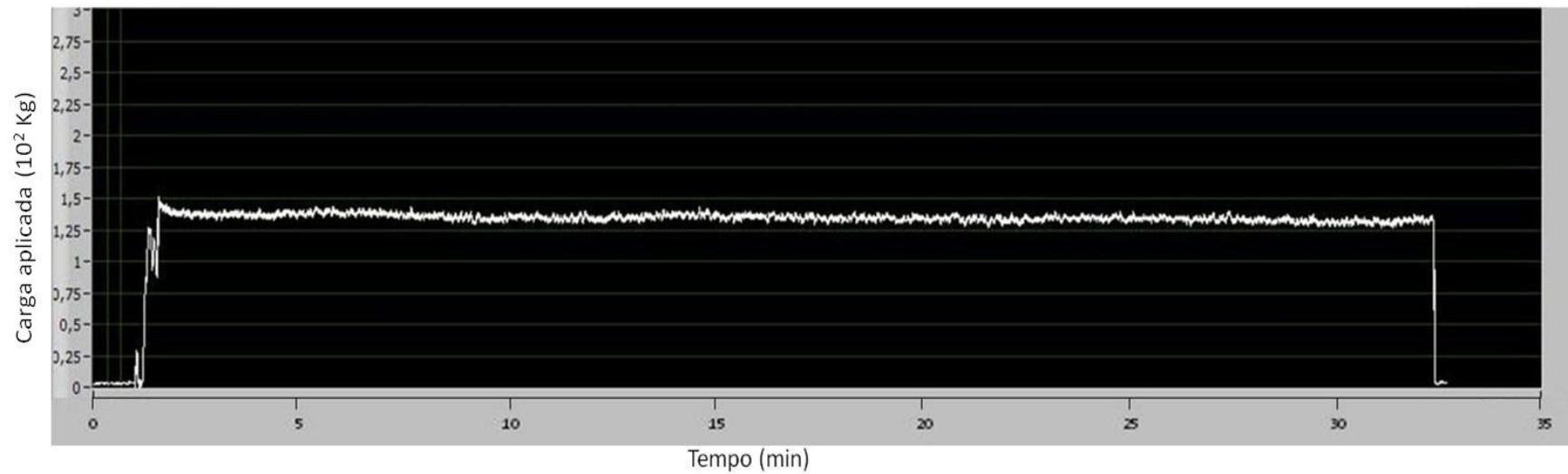


Figura C. 48 – Força registrada para o oitavo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

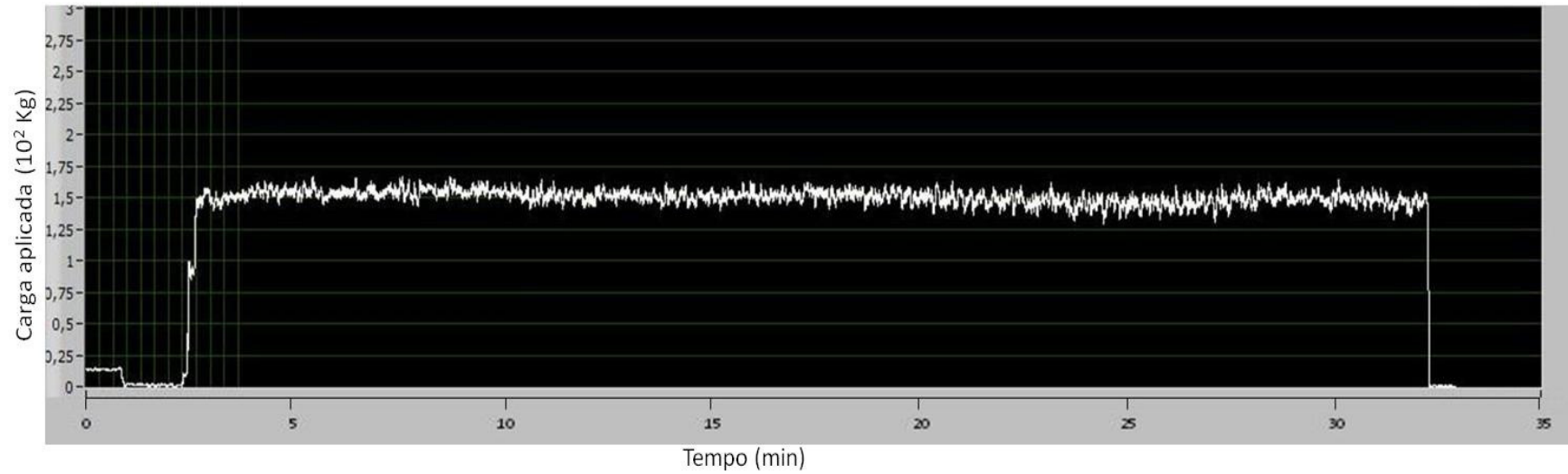


Figura C. 49 – Força registrada para o primeiro teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

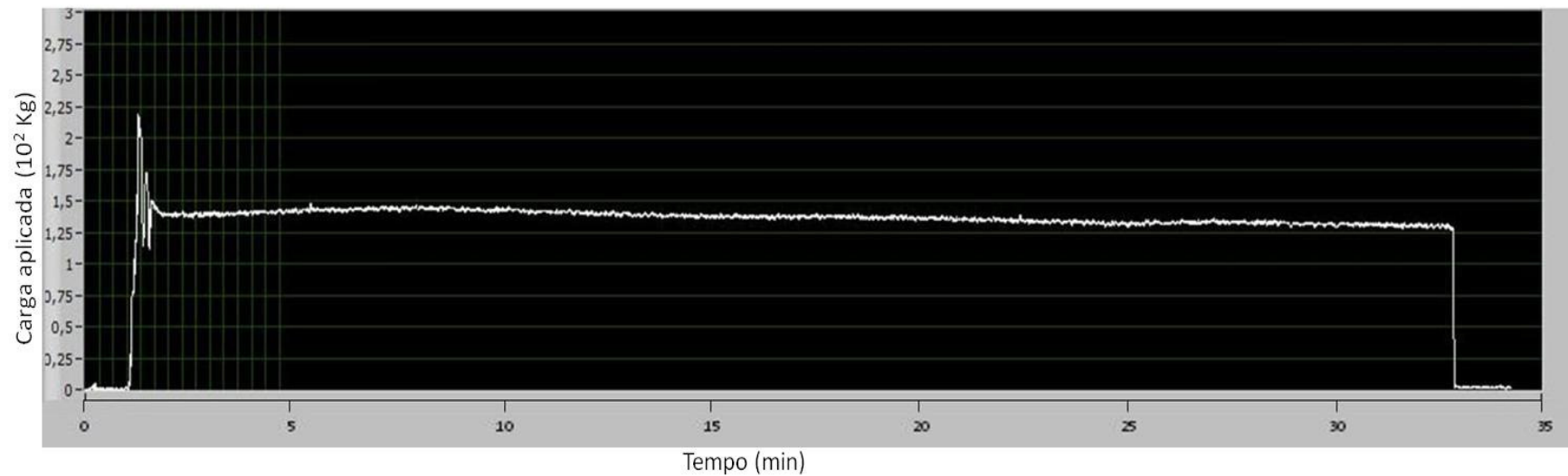


Figura C. 50 – Força registrada para o segundo teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

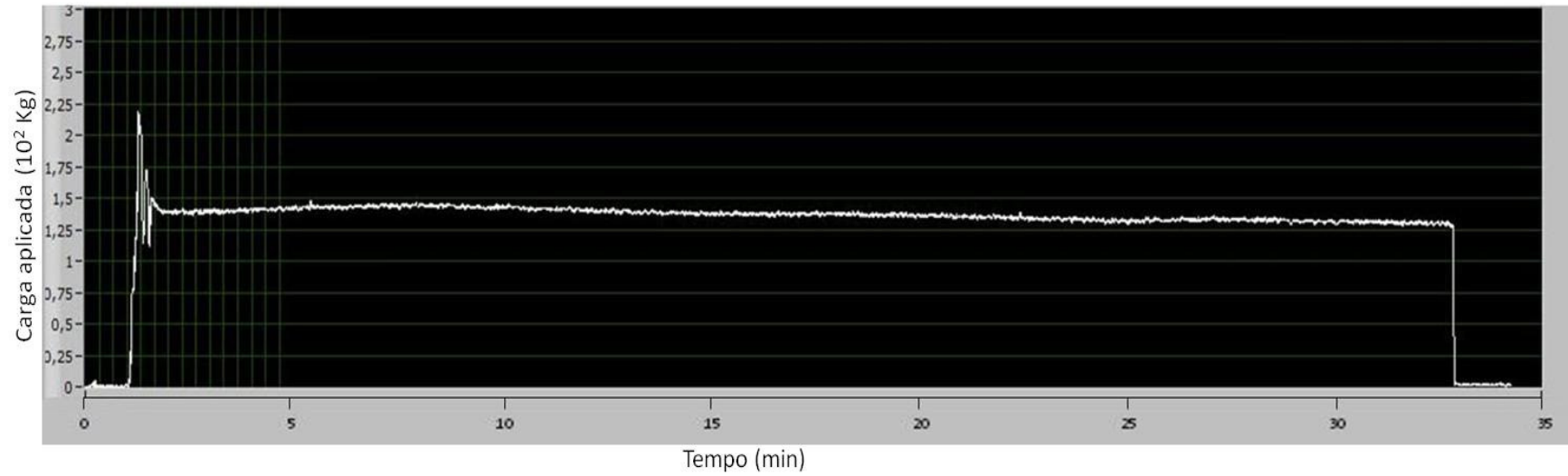


Figura C. 51 – Força registrada para o terceiro teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

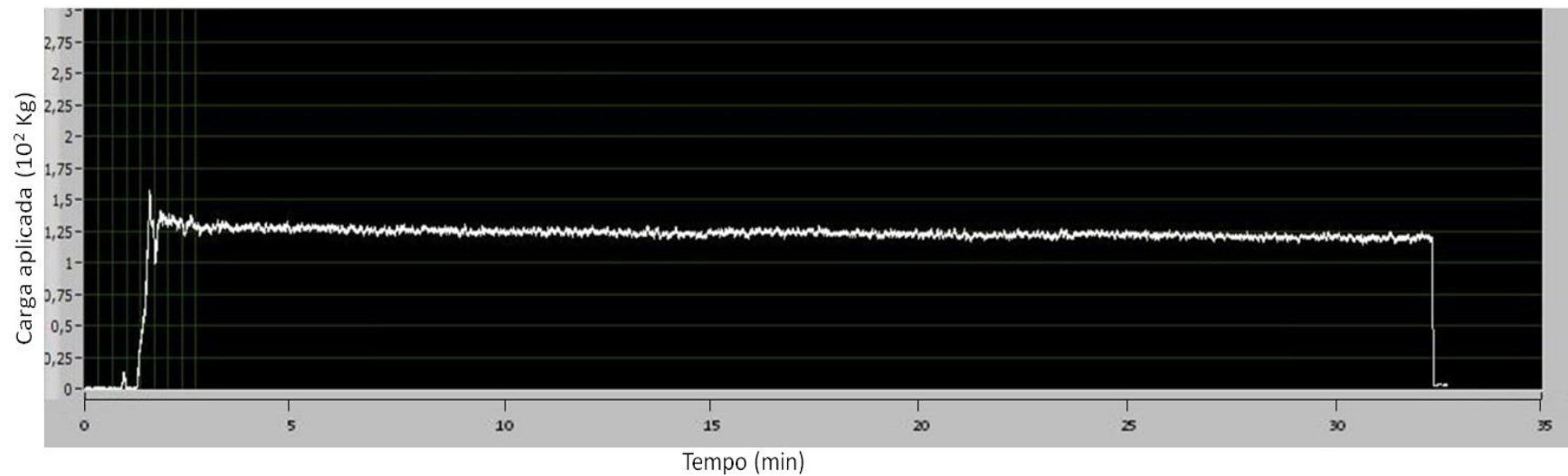


Figura C. 52 – Força registrada para o quarto teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

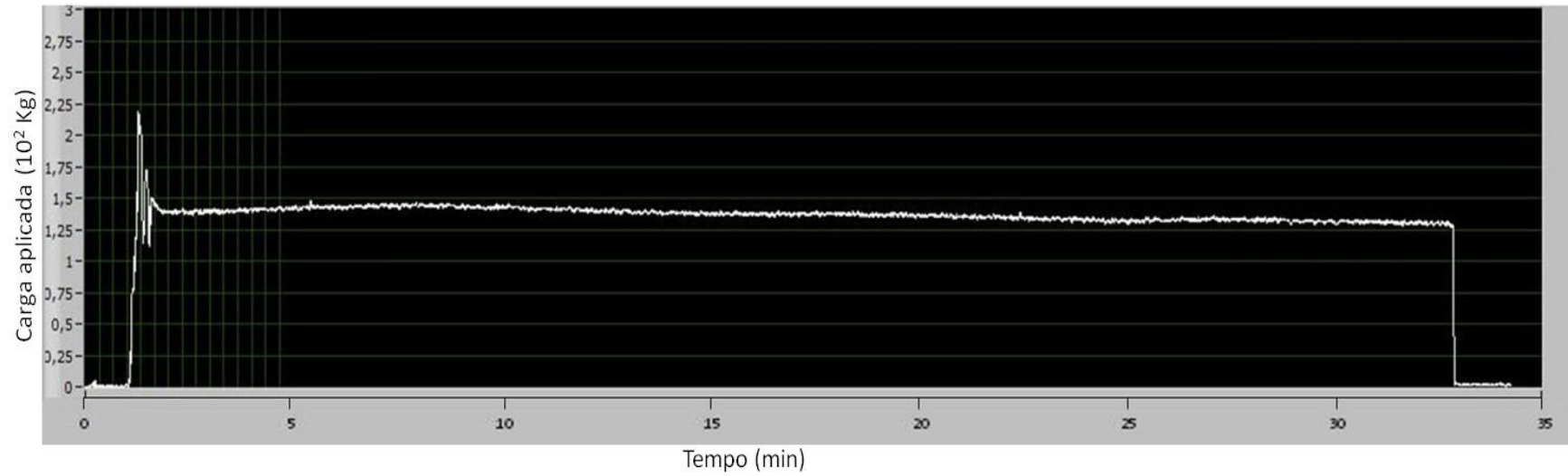


Figura C. 53 – Força registrada para o quinto teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

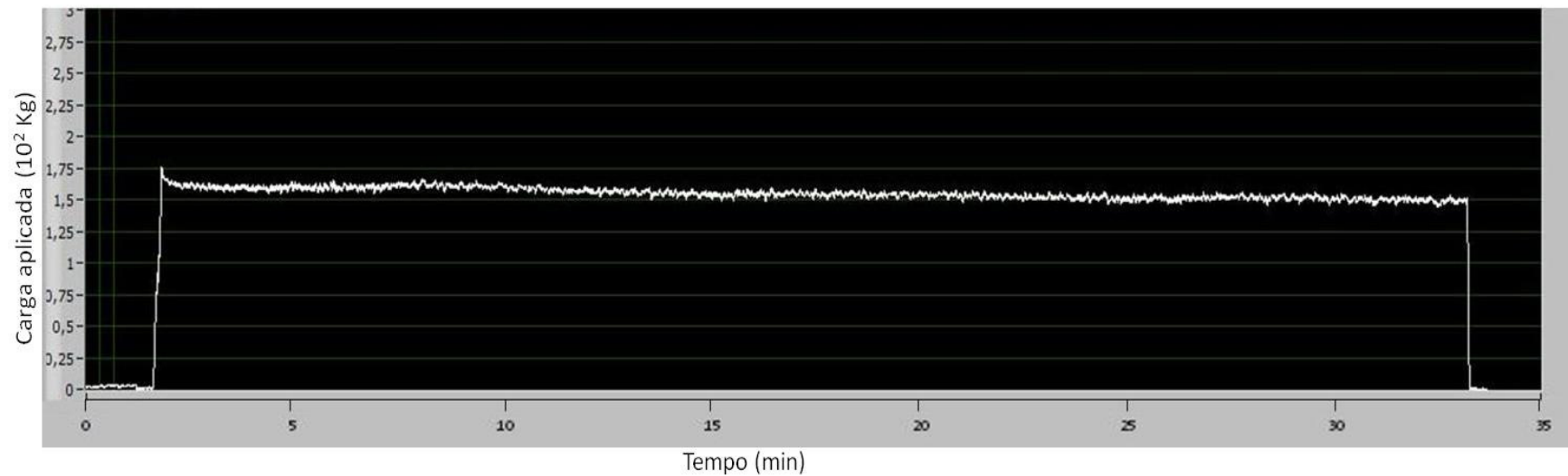


Figura C. 54 – Força registrada para o sexto teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

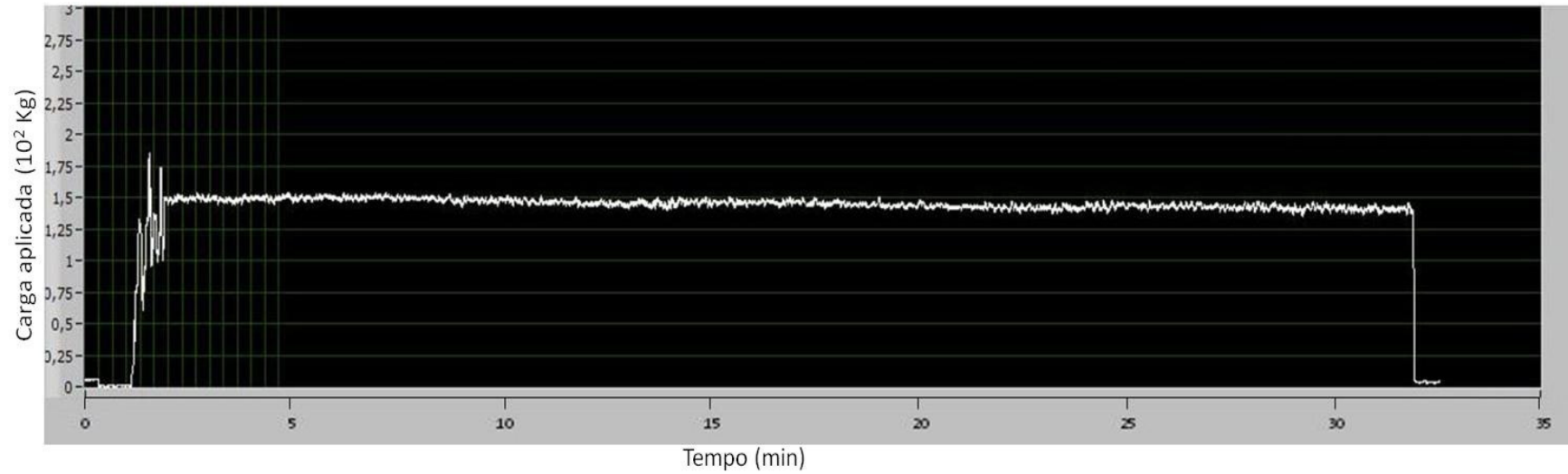


Figura C. 55 – Força registrada para o sétimo teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

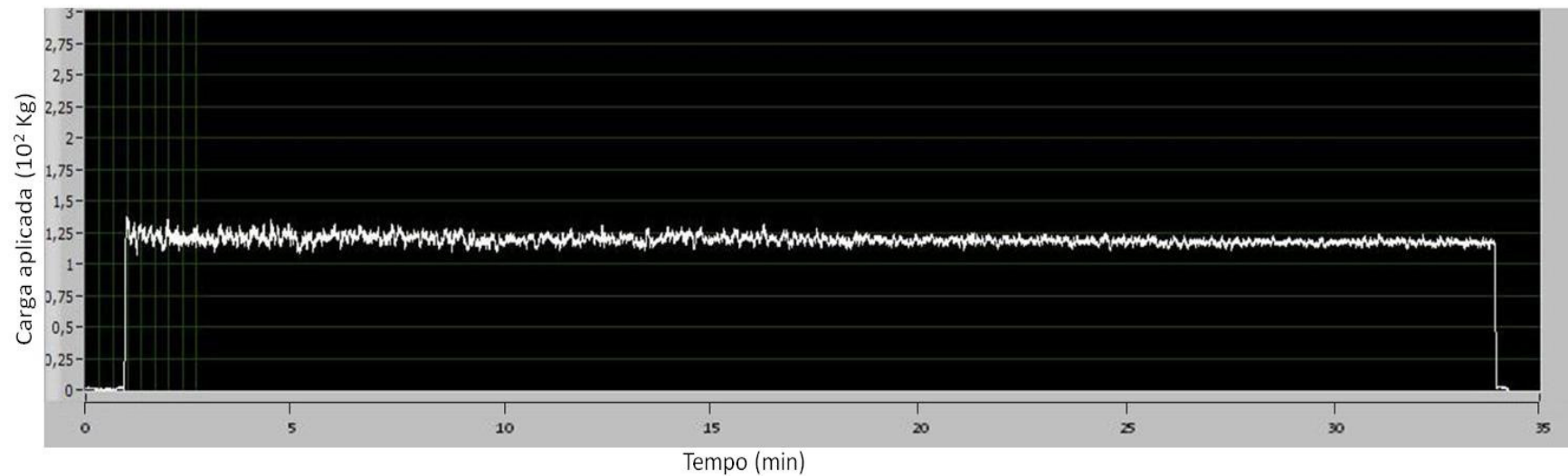


Figura C. 56 – Força registrada para o oitavo teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

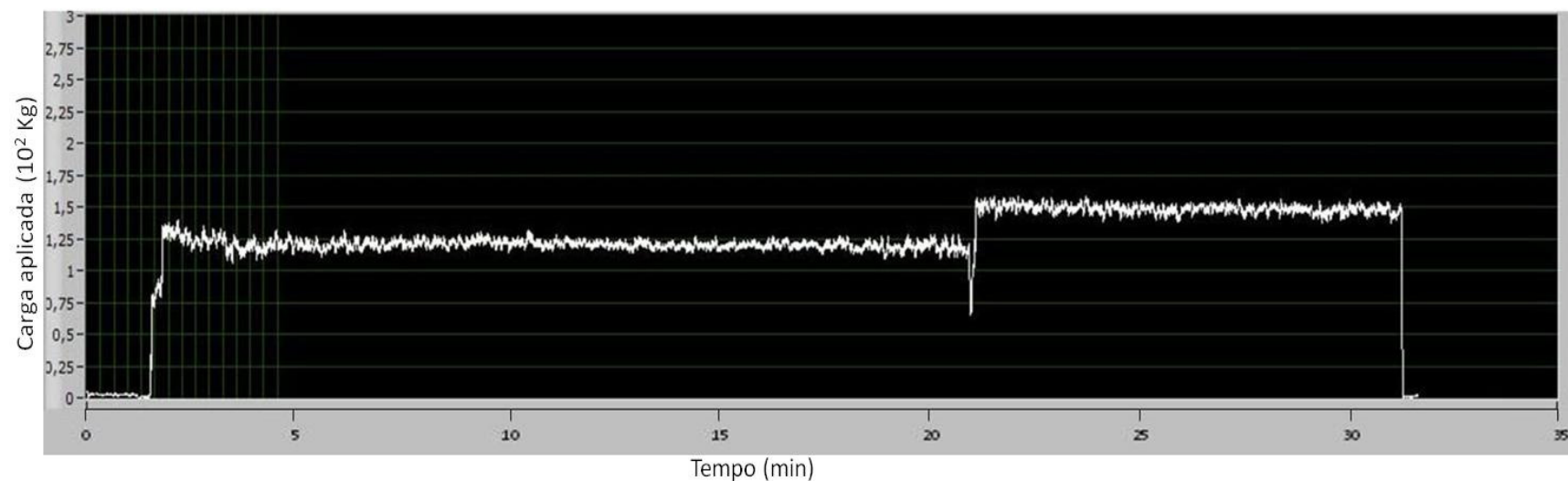


Figura C. 57 – Força registrada para o primeiro teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

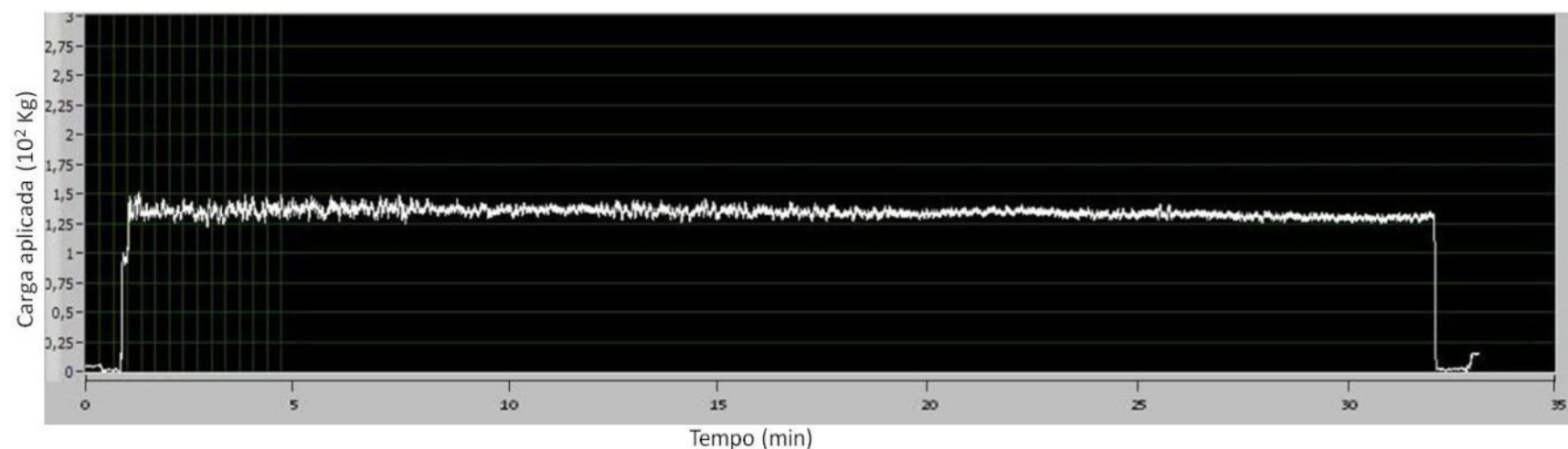


Figura C. 58 – Força registrada para o segundo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

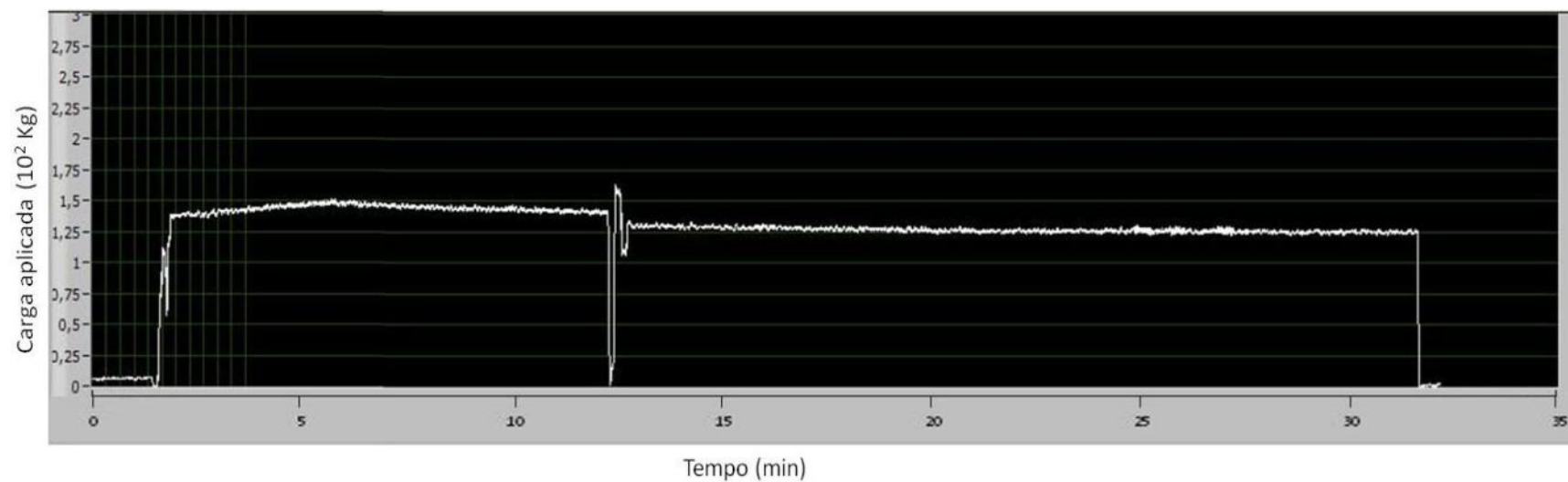


Figura C. 59 – Força registrada para o terceiro teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

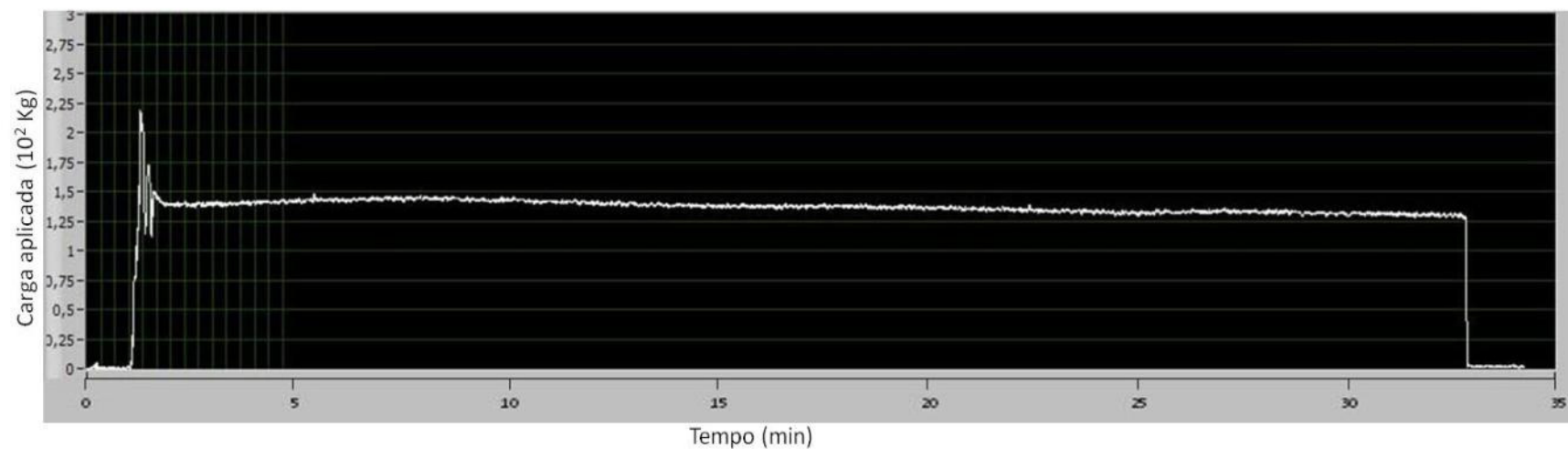


Figura C. 60 – Força registrada para o quarto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

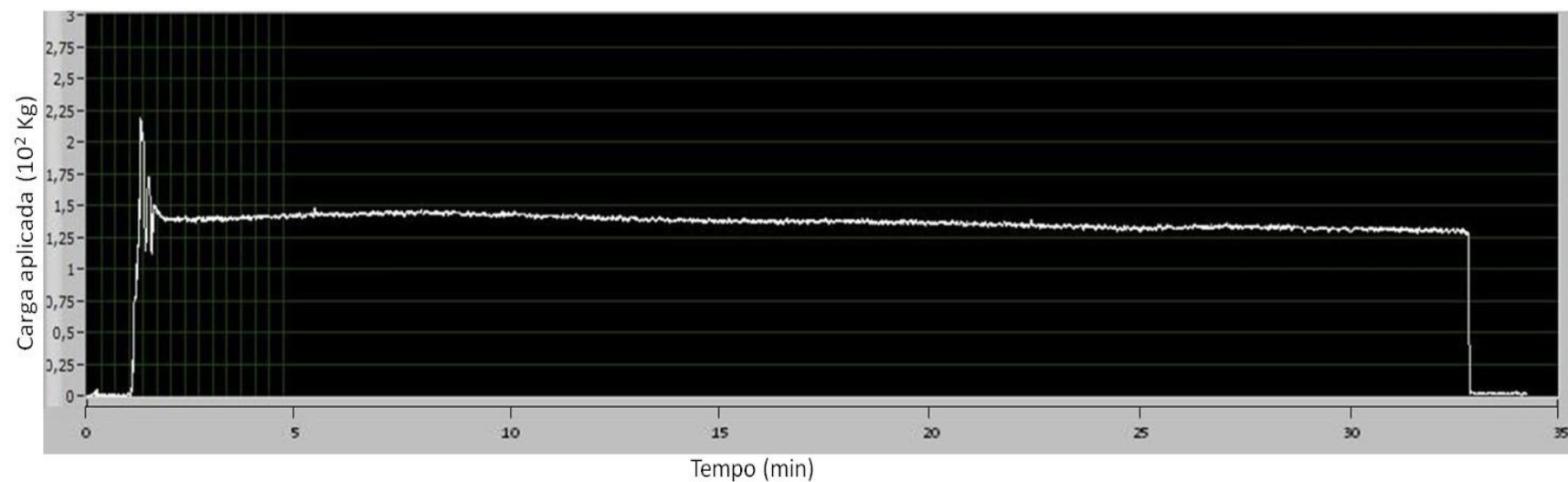


Figura C. 61 – Força registrada para o quinto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

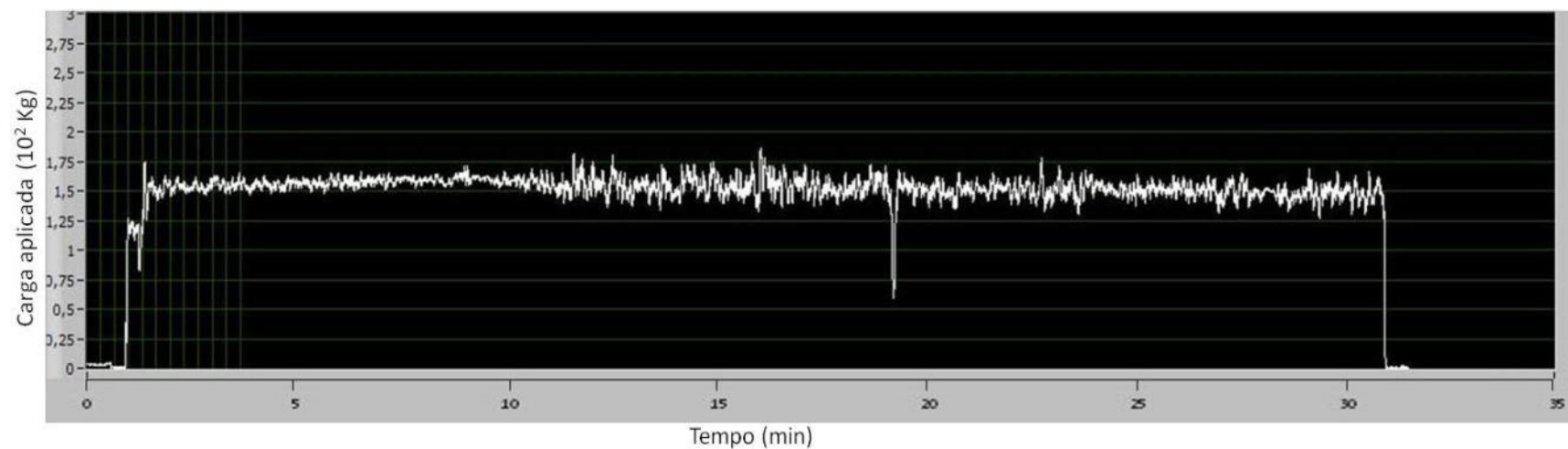


Figura C. 62 – Força registrada para o sexto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

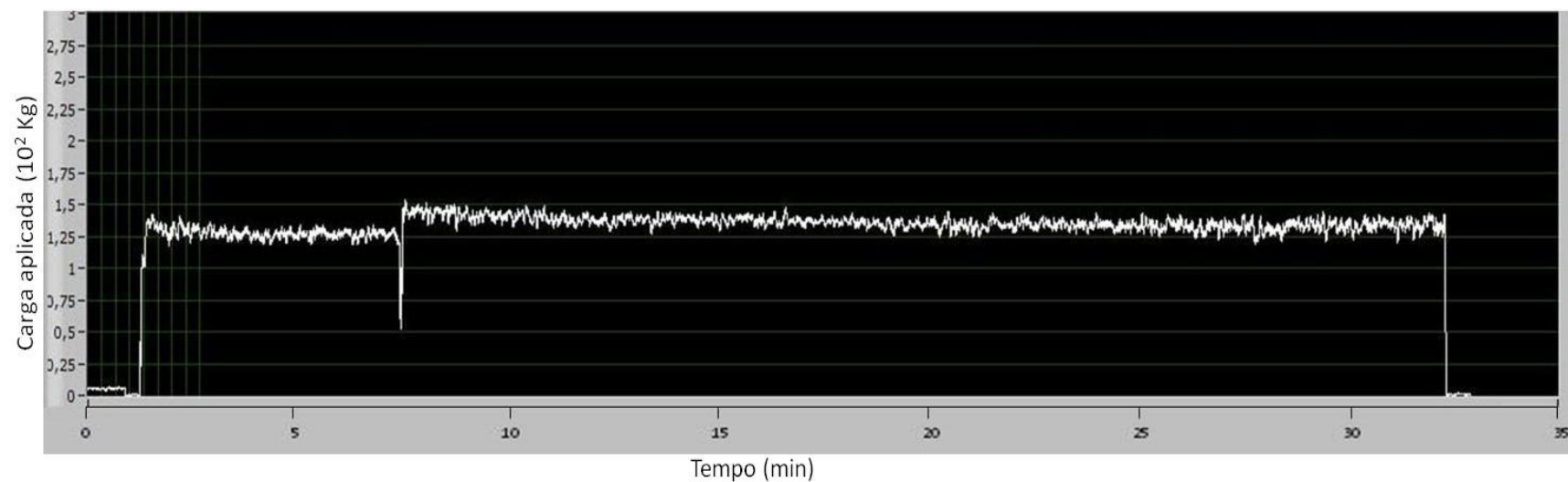


Figura C. 63 – Força registrada para o sétimo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

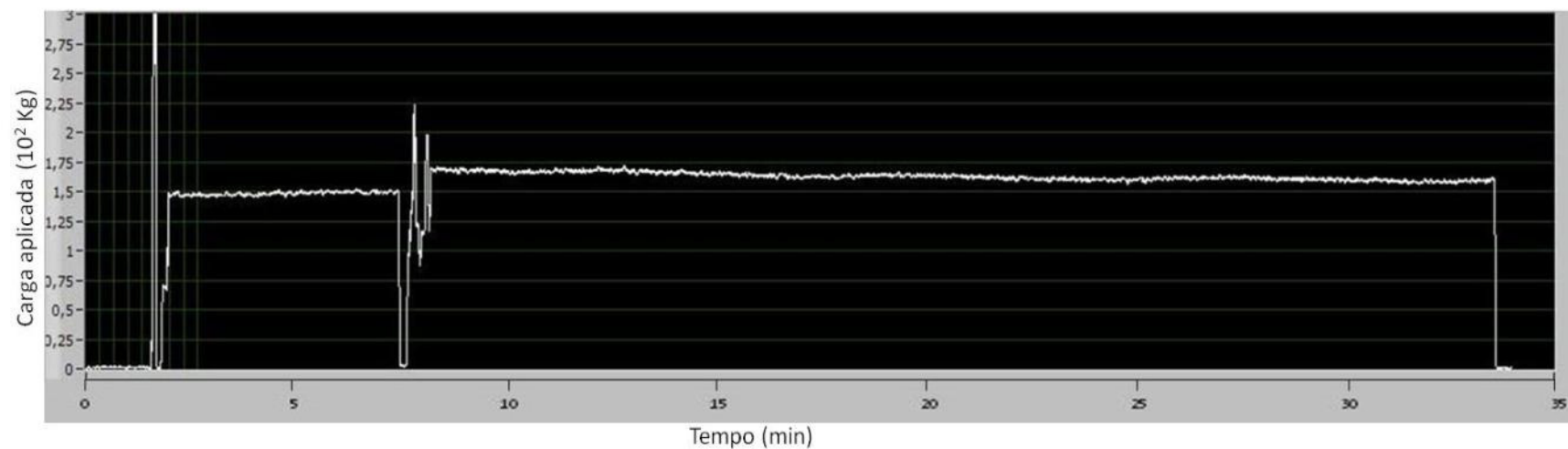


Figura C. 64 – Força registrada para o oitavo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 150 RPM

ANEXO D

PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA PARA ENSAIO DE IMPACTO IZOD MODIFICADO

Foram realizados pré-testes com dois tipos de eletrodos mais utilizados para este tipo de operação (KALPAKJIAN, 2001); o tungstênio e o cobre eletrolítico. Estes testes foram realizados a fim de definir o eletrodo mais eficiente. Isto porque a condutividade elétrica do WC-Co é baixa, o que dificulta o processo. As propriedades físicas dos materiais são mostradas na Tabela D.1.

Tabela D. 1 – Propriedades físicas dos materiais utilizados como eletrodos (Metals Handbook, 1998)

	Tungstênio	Cobre eletrolítico
Condutividade térmica ($\text{cal/cm}^2 \times \text{cm} \times \text{s} \times ^\circ\text{C}$)	0,397	0,934
Condutividade (%IACS)	30	101
Temperatura de fusão ($^\circ\text{C}$)	3410	1080
Resistividade elétrica $\text{nOhm} \times \text{m}$	53	16,73

Inicialmente foi utilizado o eletrodo tungstênio. Para estes testes iniciais, foi utilizada uma pastilha de corte de carboneto de tungstênio proveniente de operações de usinagem convencional (torneamento), que apresenta um menor teor do Co que facilitaria o processo. Mesmo nesta condição favorável, após o terceiro teste, o eletrodo apresentou um desgaste excessivo, sendo, portanto inviável. Utilizando novos parâmetros, o resultado final apresentou mais uma vez insatisfatório, devido ao alto desgaste. O teste foi descartado rapidamente devido ao desgaste excessivo do eletrodo de tungstênio e a formação de uma camada de hidrocarbonetos (“carvão”), isto é, não foi possível continuar o teste porque não o eletrodo não promovia o arco com a peça. A Tabela D.2 mostra os valores utilizados.

Seguindo os pré-testes, foi utilizado o eletrodo de cobre eletrolítico, onde os testes já foram realizados diretamente na peça a ser trabalhada como mostra a Figura D.1.

Os testes indicaram uma eficiência do eletrodo de cobre eletrolítico superior ao do tungstênio, onde foi obtido um menor desgaste e maior velocidade de avanço. Por isto, se optou pelo cobre eletrolítico. A Tabela D.3 mostra os parâmetros utilizados.

No intervalo de cada processo de corte, as placas e os eletrodos de cobre tiveram suas massas mensuradas; a fim de ser analisado o desgaste do eletrodo. O tempo de cada corte foi obtido para quantificar a taxa de remoção de material. Isto serviu para analisar a variação de cada tipo de carboneto estudado. As Tabelas D.4 e D.5 mostram os desgastes do eletrodo e o quanto de material da placa de teste foi removido. Em todos os testes foi selecionada a profundidade de 20 mm, onde se mostrou suficiente para remover a matriz de WC-Co. Após retirar esta camada o restante do material (Aço AISI 4130) foi removido com a serra de fita horizontal para acelerar o tempo de corte, que não foi contabilizado no resultado em questão.

Tabela D. 2 – Parâmetros utilizados com o eletrodo de tungstênio

Teste	1	2	3	4
TON	100	2	200	100
TD	50	25	50	50
TS	6	4	4	10
Tempo	3	5	3	1
Afastamento	2	2	2	1
Intervalo	0	0	0	0
Gap (folga)	6	8	6	6
Sensibilidade	6	7	6	6
Profundidade (mm)	0,985	0,985	-	0,70
Tempo de usinagem	22	50	Quebra	8
Polaridade	Positiva	Positiva	Negativa	Negativa



(a)



(b)

Figura D. 1 – Visualização lateral e frontal da preparação, respectivamente representados por (a) e (b), para retirada da amostra

Como citado anteriormente foram retiradas 18 corpos de prova, sendo 9 de cada granulometria. Assim para melhor entendimento nomeou-se cada corpo de prova. Então para as 3 amostras de granulometria fina foi obtida a amostra Fina 1, Fina 2 e Fina 3, a partir da primeira, segunda e terceira amostra desta granulometria. E a partir das amostras de granulometria grossa nomearam-se os corpos de prova retirados de Grossa 1, Grossa 2 e Grossa 3 da primeira, segunda e terceira amostra desta granulometria.

Tabela D. 3 – Parâmetros utilizados com o eletrodo de cobre eletrolítico.

Teste	1	2
TON	200	200
TD	50	50
TS	8	10
Tempo	2	2
Afastamento	1	1
Intervalo	0	0
Gap	7	7
Sensibilidade	6,5	6,5
Profundidade (mm)	5	5
Tempo de usinagem	38	28
Polaridade	Negativa	Negativa

Tabela D. 4 – Variação da massa do eletrodo de cobre eletrolítico após a remoção de cada amostra

Corte	Corpo de prova	Eletrodo	Mi eletrodo (g)	Mf eletrodo (g)	Variação de massa (g)	Variação de massa (%)
1	FINA 1	1	82.24	78.63	3.61	4.39%
2	FINA 1	4	80.97	77.36	3.61	4.46%
3	FINA 1	2	82.97	79.25	3.72	4.48%
4	FINA 2	3	82.48	78.68	3.80	4.61%
5	FINA 2	5	80.39	76.97	3.42	4.25%
6	FINA 2	4	68.46	64.79	3.67	5.36%
7	FINA 3	1	70.20	66.46	3.74	5.33%
8	FINA 3	2	69.48	64.54	4.94	7.11%
9	FINA 3	5	76.97	72.96	4.01	5.21%
10	GROSSA 1	2	64.54	60.92	3.62	5.61%
11	GROSSA 1	3	78.68	74.77	3.91	4.97%
12	GROSSA 1	4	55.43	51.44	3.99	7.20%
13	GROSSA 2	1	57.81	50.99	6.82	11.80%
14	GROSSA 2	2	49.41	44.22	5.19	10.50%
15	GROSSA 2	7	120.72	117.48	3.24	2.68%
16	GROSSA 3	6	118.72	115.45	3.27	2.75%
17	GROSSA 3	6	105.60	100.19	5.41	5.12%
18	GROSSA 3	7	107.52	103.12	4.40	4.09%

Tabela D. 5 - Variação da massa do da placa de teste após a remoção de cada amostra

Corte	Corpo de Prova	Mi placa (g)	Mf placa (g)	Variação de massa (g)	Variação de massa (%)
1	FINA 1	1800.37	1783.16	17.21	0.96%
2	FINA 1	1783.16	1765.80	17.36	0.97%
3	FINA 1	1765.80	1748.67	17.13	0.97%
4	FINA 2	1947.21	1929.41	17.80	0.91%
5	FINA 2	1929.41	1912.27	17.14	0.89%
6	FINA 2	1912.27	1895.41	16.86	0.88%
7	FINA 3	1589.46	1571.25	18.21	1.15%
8	FINA 3	1571.25	1548.27	22.98	1.46%
9	FINA 3	1548.27	1527.80	20.47	1.32%
10	GROSSA 1	1112.63	1094.49	18.14	1.63%
11	GROSSA 1	1090.74	1069.77	20.97	1.92%
12	GROSSA 1	1067.73	1043.61	24.12	2.26%
13	GROSSA 2	2008.74	1985.88	22.86	1.14%
14	GROSSA 2	1985.88	1964.00	21.88	1.10%
15	GROSSA 2	1964.00	1946.64	17.36	0.88%
16	GROSSA 3	1629.56	1610.40	19.16	1.18%
17	GROSSA 3	1610.40	1589.03	21.37	1.33%
18	GROSSA 3	1574.85	1553.13	21.72	1.38%

Os resultados dos tempos de cada corte são mostrados na Tabela D.6. Nota-se uma tendência crescente da evolução do tempo para cada tipo de granulometria pesquisada. Esta diferença pode evidenciar a divergência de cada granulometria e da distribuição dos carbonetos.

A Figura D.2 mostra graficamente a evolução do tempo (em segundos) em média, com seus respectivos desvios, para cada tipo de granulometria. Pode-se notar que os carbonetos de granulometria fina apresentaram um tempo menor, assim como uma menor dispersão. Os carbonetos de granulometria grossa mostraram um maior tempo médio e uma dispersão muito alta.

O desgaste de cada eletrodo não apresentou um resultado padrão por cada granulometria. As amostras 1 e 2 de granulometria fina e a amostra 1 de granulometria grossa se mostraram mais estáveis e de menores valores em relação ao desgaste. As outras 3 amostras (Fina 3, Grossa 2 e Grossa 3) apresentaram resultados de alta variabilidade retornando uma grande amplitude em relação ao valor médio (FIG. D.3).

Tabela D. 6 – Tempo gasto para remoção de cada amostra por granulometria

Corte	Amostra	Tempo		
		Horas	Minutos	Seg
1	FINA 1	2	37	46
2	FINA 1	3	1	8
3	FINA 1	2	17	9
4	FINA 2	2	41	43
5	FINA 2	2	46	57
6	FINA 2	3	3	35
7	FINA 3	4	9	18
8	FINA 3	3	27	49
9	FINA 3	3	10	17
10	GROSSA 1	3	36	27
11	GROSSA 1	6	5	16
12	GROSSA 1	3	41	7
13	GROSSA 2	4	29	30
14	GROSSA 2	5	27	15
15	GROSSA 2	3	42	56
16	GROSSA 3	7	44	20
17	GROSSA 3	6	49	0
18	GROSSA 3	3	25	51

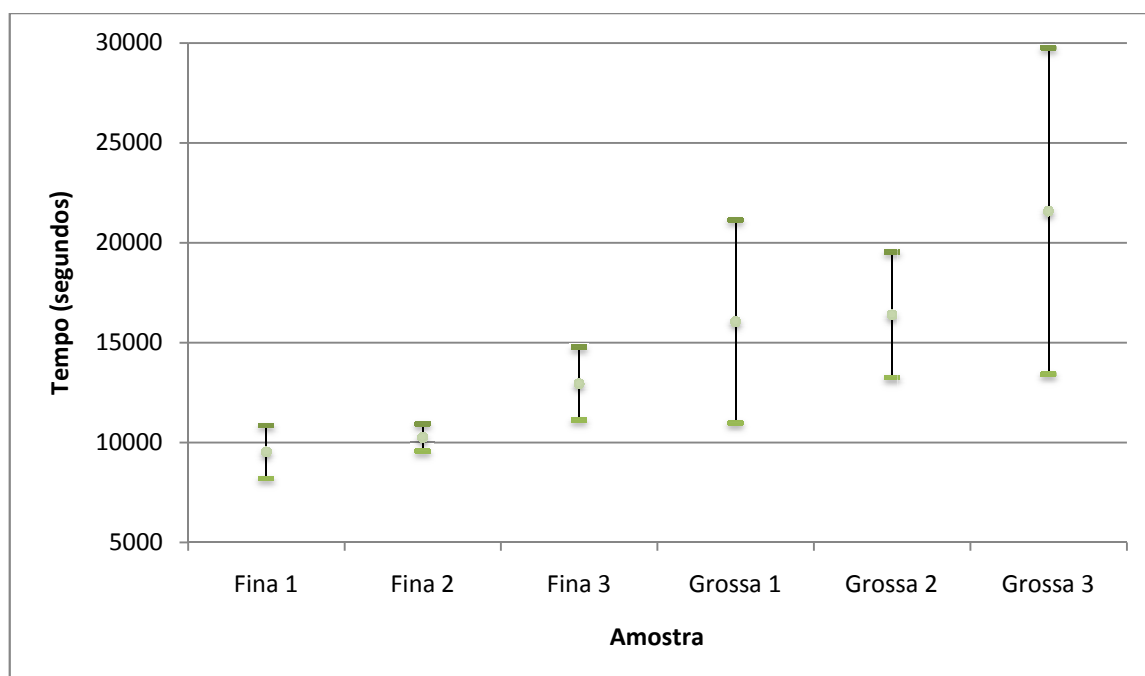


Figura D. 2 – Evolução do tempo (em segundos) para remoção de das amostras de cada placa de teste

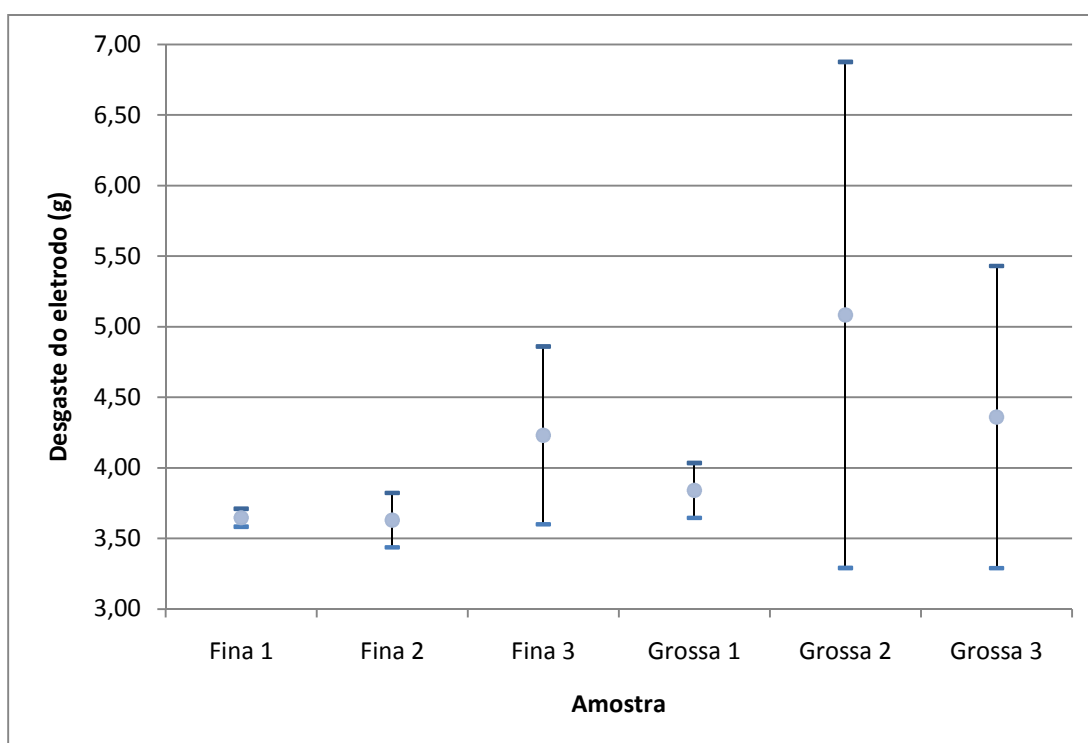


Figura D. 3 – Variação do desgaste de cada eletrodo utilizado pra remoção das amostras de cada placa de teste

Os eletrodos mostraram também uma grande variação do desgaste que não pode ser relacionado com o tempo de forma confiável. O desvio padrão se apresentou baixo, com o valor de 0,59. Com isto pode-se afirmar que os carbonetos na matriz esta dispostos de modo heterogêneo.