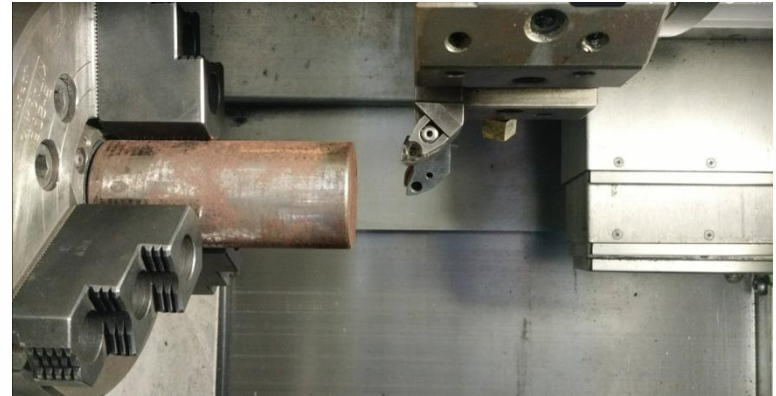
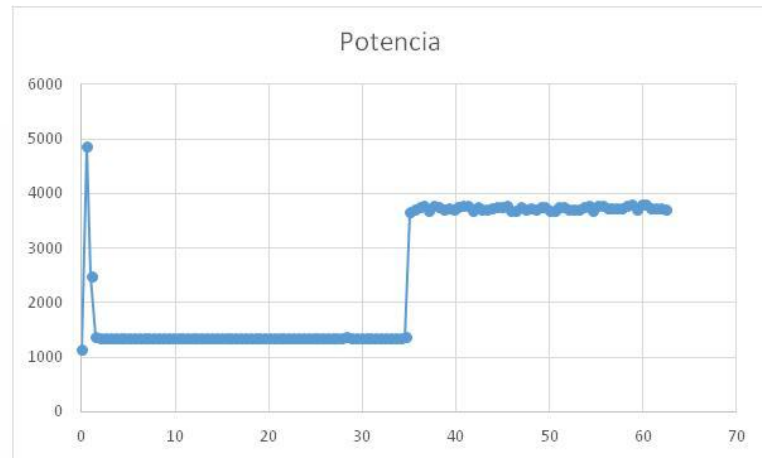




Medição indireta da potência de corte em operações de torneamento – experimento realizado no torno Mazak QTN100



Objetivo: Determinar,
de forma indireta e
por meio de modelo
empíricos, a potência
de corte no
torneamento



Medição
indireta da
potência de
corte em
operações de
torneamento -
Fundamentação

$$P_c = F_c V_c \quad (1)$$

Tendo em vista a dificuldade de medir, **diretamente**, a força de corte (F_c), a potência de corte pode ser medida **indiretamente** por meio da potência elétrica ativa de corte (W_c)

$$P_c = W_c \eta_c \quad (2)$$

Obviamente que esta equação só poderá ser resolvida se o rendimento (η_c) for conhecido.

P_c é a potência de corte [**Watt**]

F_c é a força de corte [**Newton**]

V_c é a velocidade de corte [**m/s**]

W_c é a potência elétrica ativa [**Watt**] – medida durante a remoção de cavaco

η_c é o rendimento instantâneo do motor principal (responsável pelo mov. de corte) durante a remoção de cavaco [**0 < η_c < 1**]

O valor de η_c varia com o carregamento (F_c) e com a rotação N, definida pelo motor e/ou transmissão mecânica.

Medição
indireta da
potência de
corte em
operações de
torneamento -
Fundamentação

Em alguns casos a medição da potência elétrica na entrada do motor principal é mais difícil de ser realizada, pois exige uma instrumentação (wattímetro) dedicada. Nesta situação, pode-se medir a potência elétrica ativa total (W_t) no painel de alimentação por meio de wattímetros mais simples.

Neste caso, W_t deve ser medido em dois momentos distintos:

Em vazio: isto é, com todos os dispositivos (**d**) da máquina ligados, incluindo a rotação do motor principal, mas sem o corte (sem remoção de cavaco); e

Em corte: todos os dispositivos ligados mais o movimento de corte (com remoção de cavaco). Neste caso, W_t será dado por:

$$W_t = \sum_{i=1}^d W_i + \frac{P_c}{\eta_t} \quad (3)$$

Assim, a potência de corte pode ser obtida por:

$$P_c = (W_t - \sum_{i=1}^d W_i) \eta_t \quad (4)$$

Sendo que a parcela ($\sum_{i=1}^d W_i$) corresponde à medição em vazio e η_t representa o rendimento instantâneo total da máquina durante o corte.

Medição indireta da potência de corte em operações de torneamento

- **Fundamentação**

O método definido pelas equações 3 e 4 tem as seguintes vantagens:

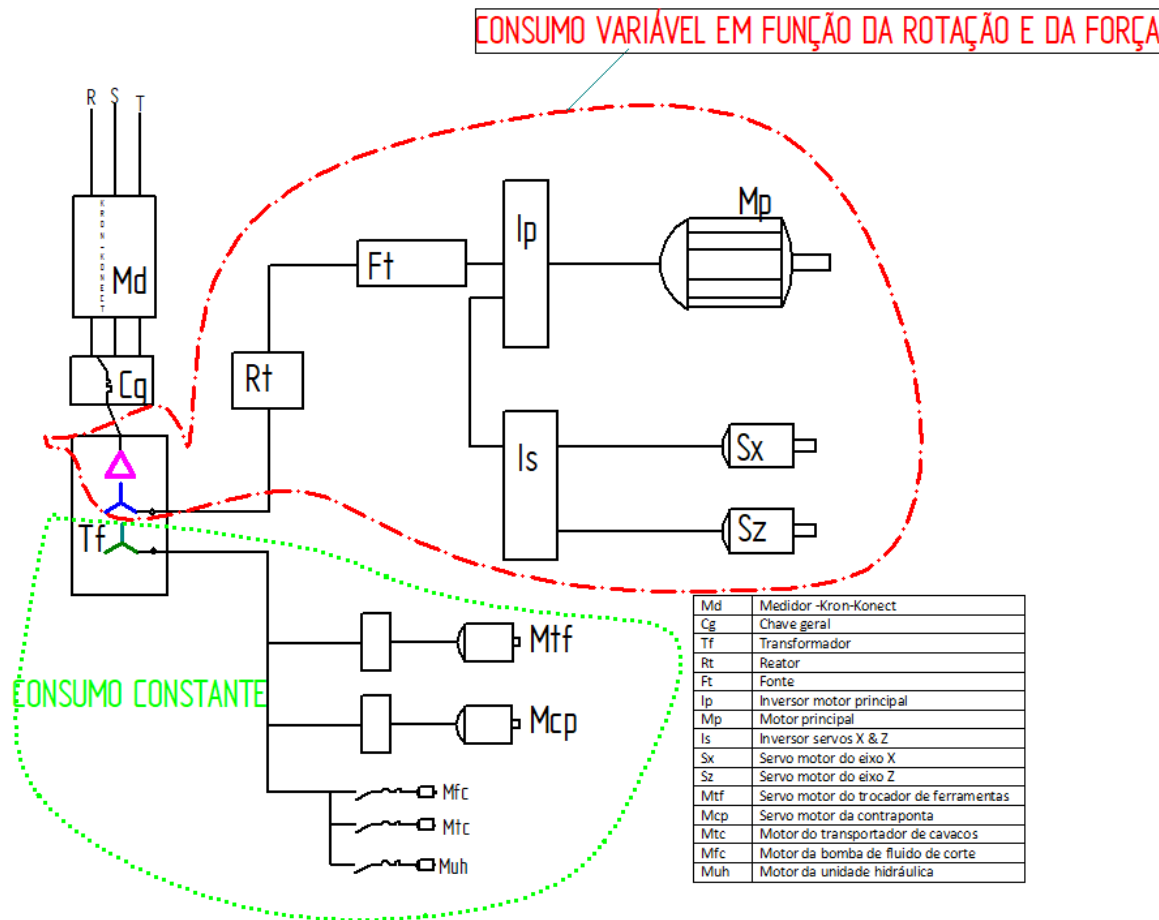
- Utilização de um instrumento mais simples (wattímetro);
- Possibilita registrar o consumo total de energia e avaliar o seu impacto no custo da usinagem; e
- Como o wattímetro pode ser instalado no painel de alimentação, a sua utilização em outras máquinas é facilitada.

Entretanto....

Existem desvantagens:

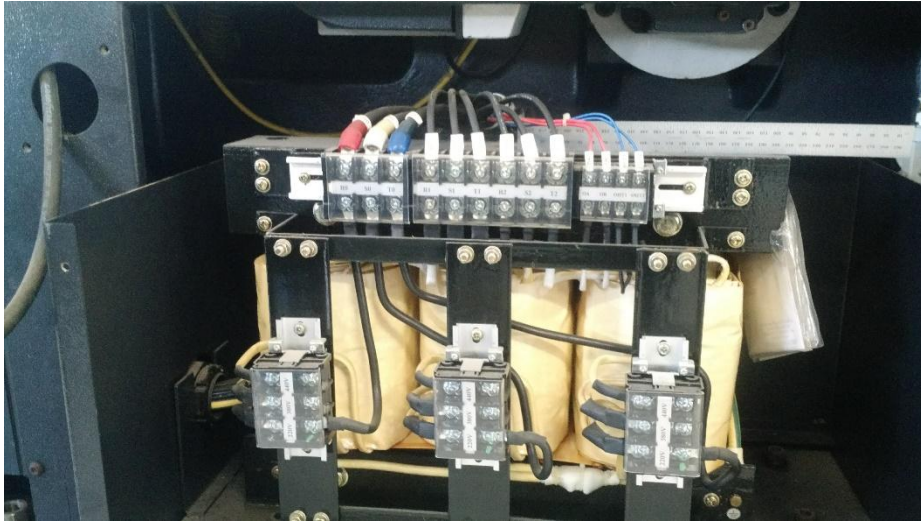
- A determinação do rendimento depende do número de dispositivos dissipadores de energia (transformadores, inversores, fontes, motores e transmissão mecânica) envolvidos no corte;
- Os valores de potência obtidos em uma dada máquina não podem ser extrapoladas para outra, mesmo que ela possua a mesma quantidade de dissipadores

Esquema elétrico simplificado do Mazak QTN-100



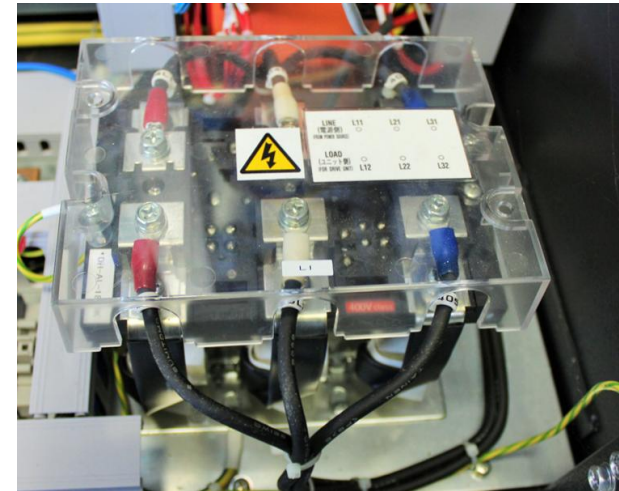
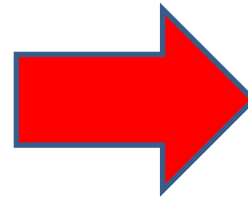
Ainda existe, mas não indicado aqui, o consumo do computador, das ventoinhas, e unidades de lubrificação

Unidades consumidoras de energia no Mazak QTN-100



Transformador

Função: converter a alimentação em 220V para 400V



Reator

Função: proteção do inversor; limitar a corrente de curto circuito e redução de harmônicas

Unidades consumidoras de energia no Mazak QTN-100



FONTE

INVERSOR

SERVO DRIVE
X&Z

Fonte

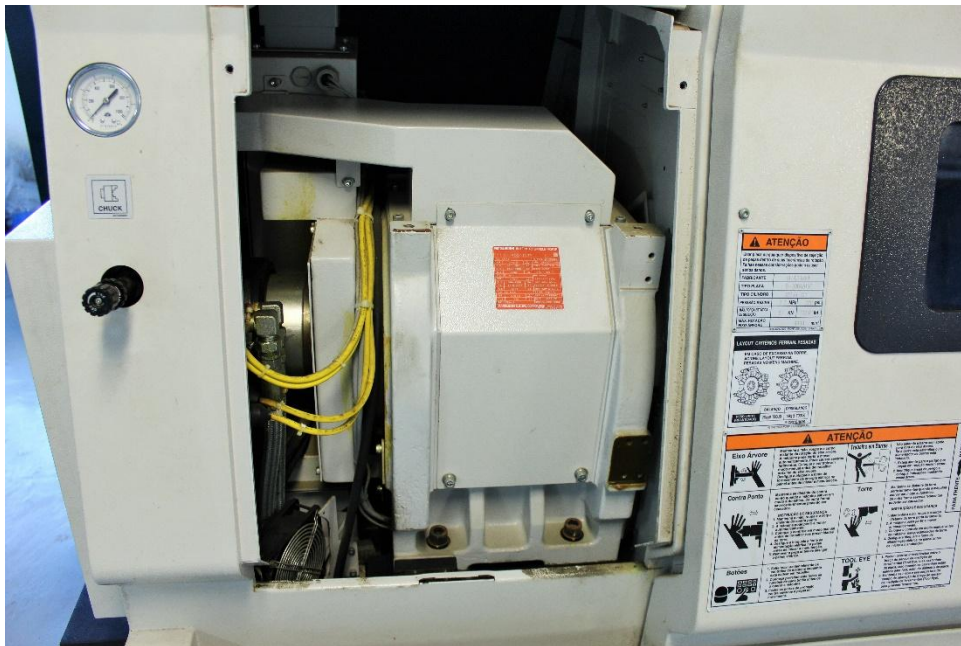
Função: Prover alimentação para o motor principal e servomotores X & Z

Inversor principal

Função: Controlar a rotação do motor

Servo drive
Função: Controlar a velocidade e posição dos servomotores X e Z

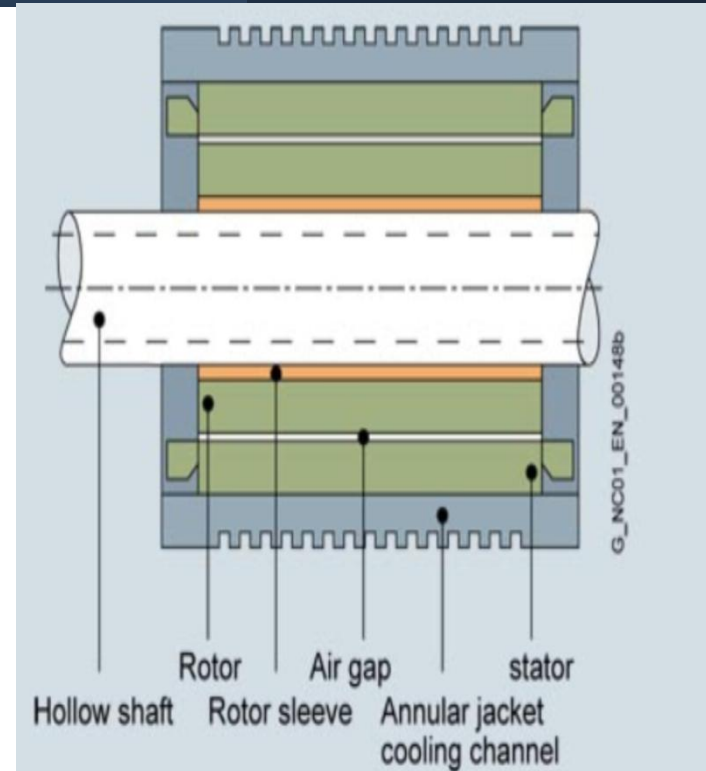
Unidades consumidoras de energia no Mazak QTN-100



Motor principal

Função: Prover o movimento e potência de corte (eixo árvore).

Características: - Built-in motor – transmissão direta. Unidade de maior consumo



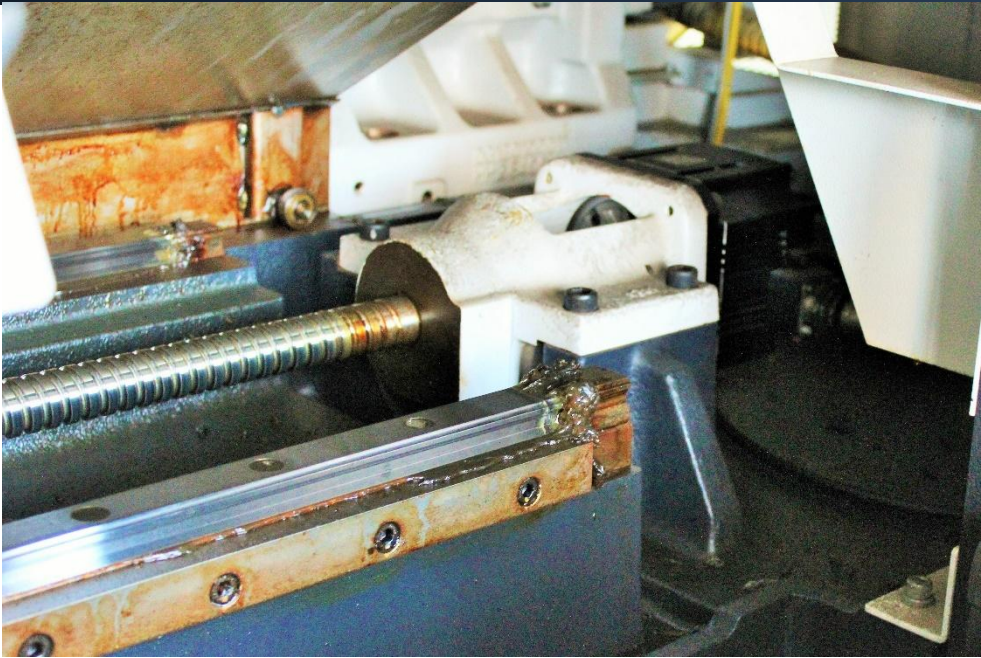
Fonte:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/de/Catalog/Products/10283157>

Video sobre fabricação e montagem:

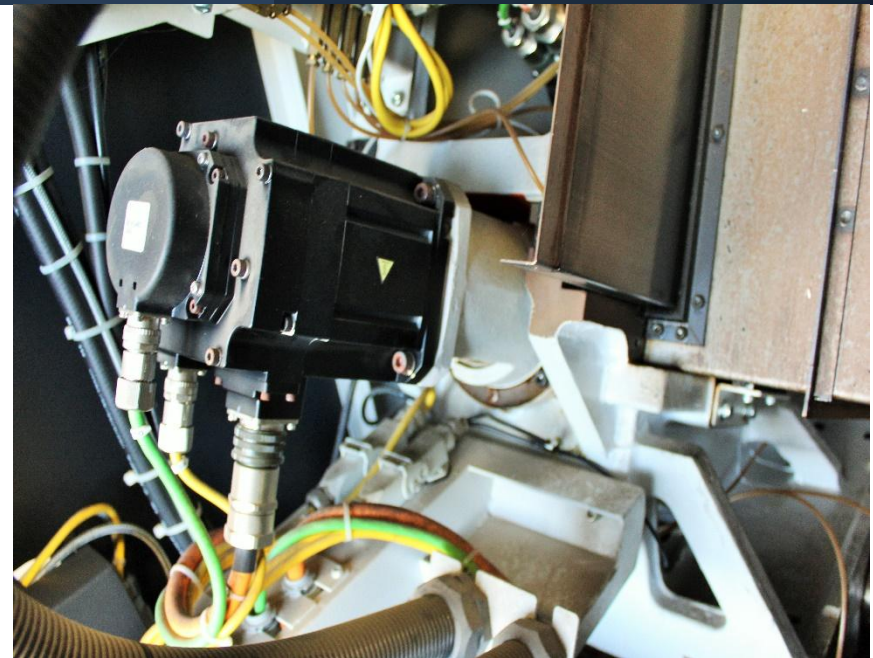
<https://www.youtube.com/watch?v=iPsKk4kcVrE>

Unidades consumidoras de energia no Mazak QTN-100



Servo motor do eixo Z – Guias e fuso de esferas

Função: Prover o movimento de avanço e posicionamento na direção Z



Servo motor do eixo X

Função: Prover o movimento de avanço e posicionamento na direção X

Características: baixo consumo de energia, pois a potência de avanço é muito baixa no torneamento

Unidades consumidoras de energia no Mazak QTN-100



Transportador de cavacos



**Unidade de
arrefecimento (fluido de
corte)**



Unidade hidráulica

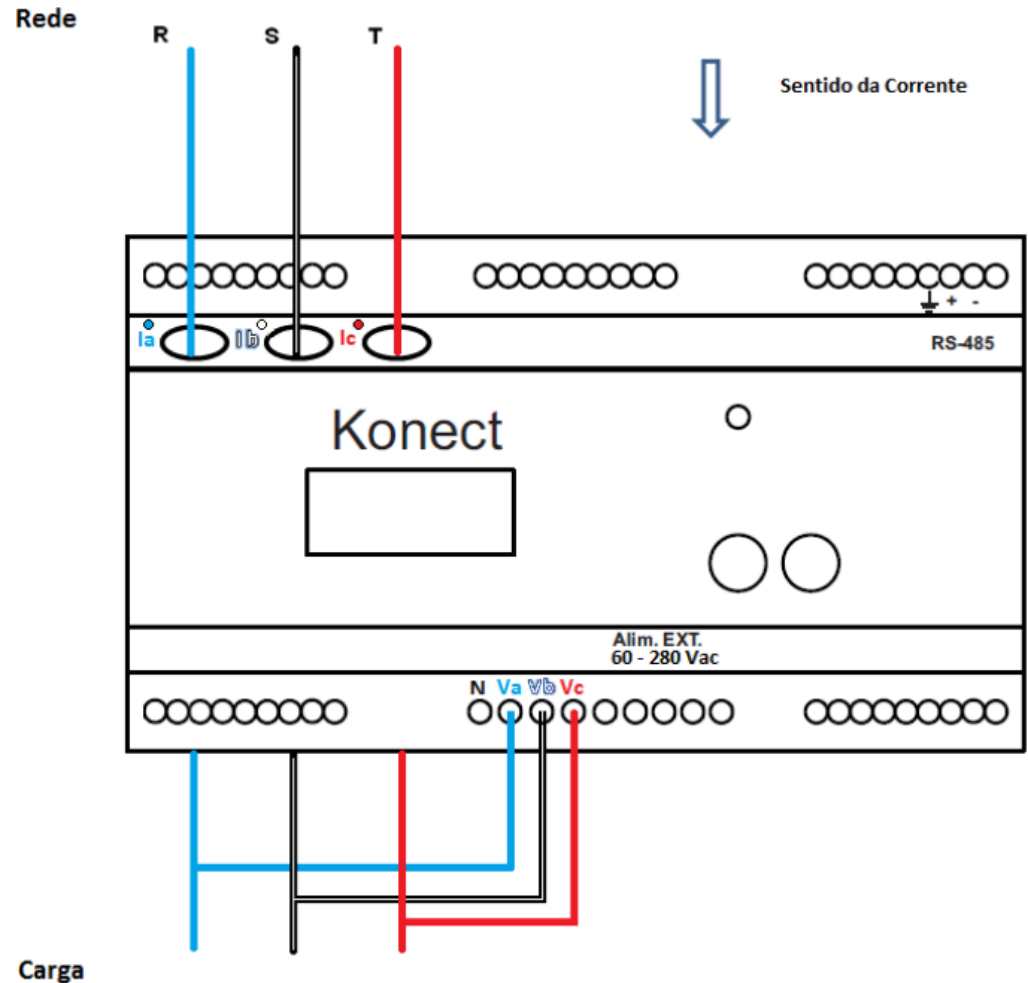
Características: estas unidades mantêm consumo constante, independentemente das condições de corte adotadas



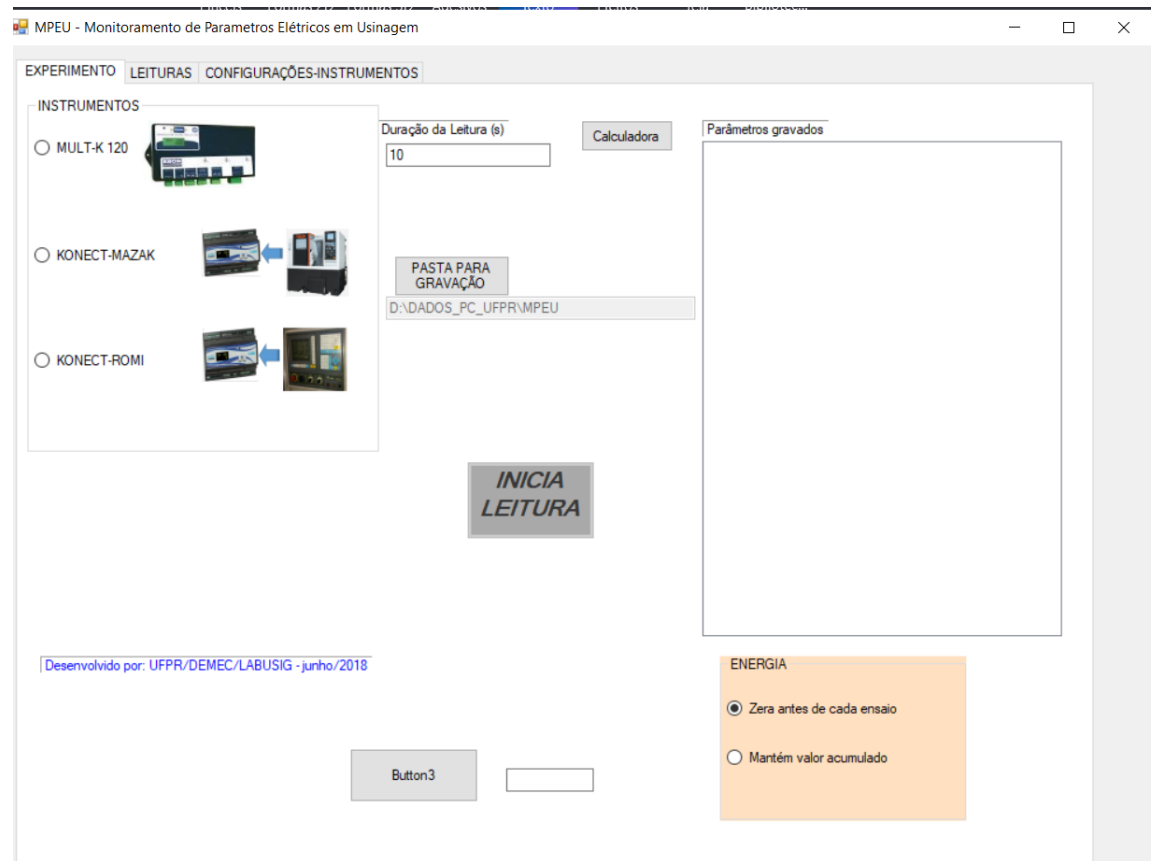
Medição dos parâmetros elétricos

Características do medidor

- Marca/modelo: Kron/Konect
- Medidas em circuitos de corrente alternada com corrente máxima de 63 A
- Saída digital conforme RS-485 (protocolo Modbus); Bluetooth e internet
- Possibilita a medição de até 50 grandezas elétricas em sistemas monofásicos, bifásicos, trifásicos estrela ou delta.
- Manual:
<https://kron.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Konect-Manual-do-Usuario.pdf>

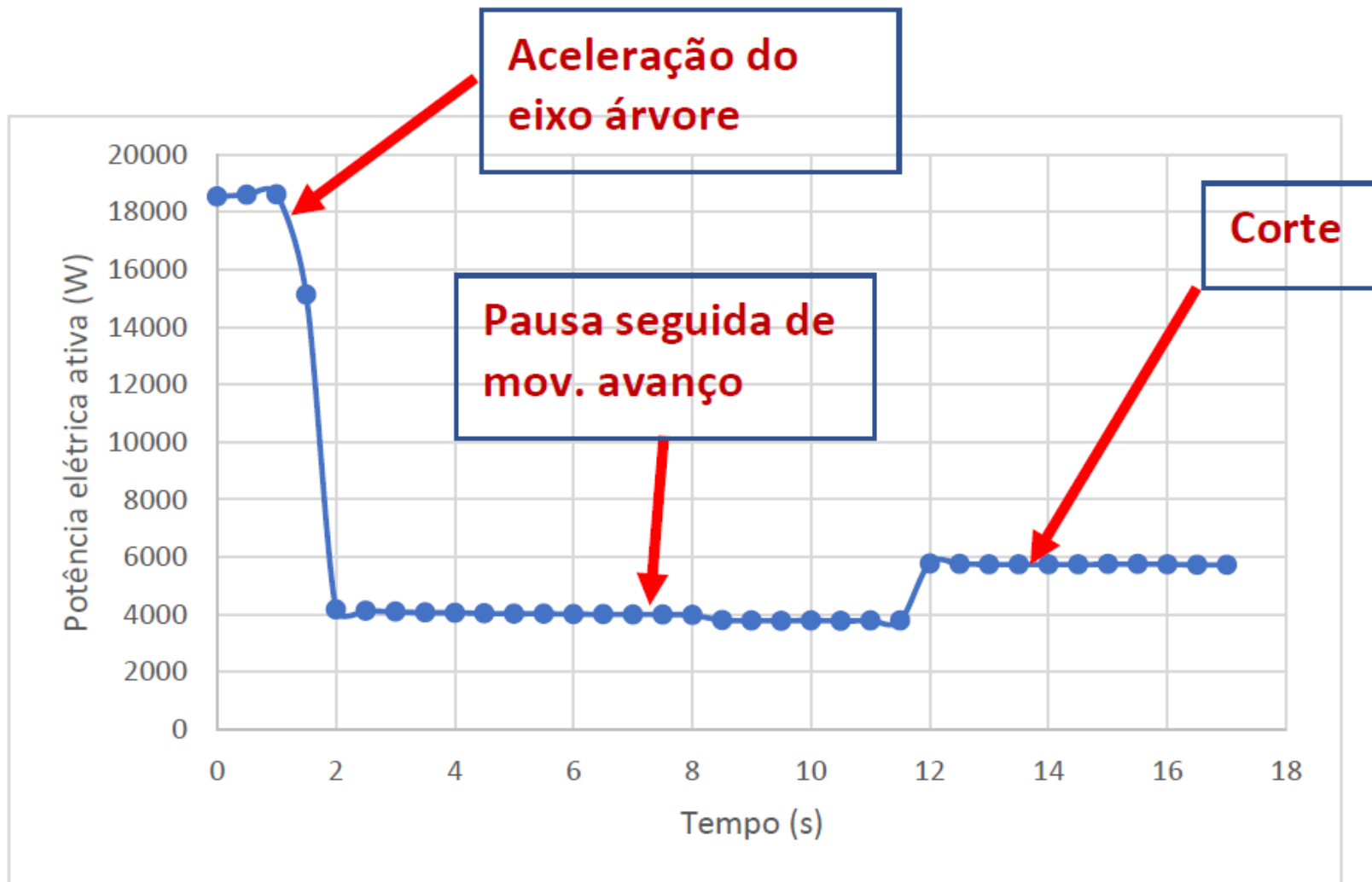


Sistema de aquisição

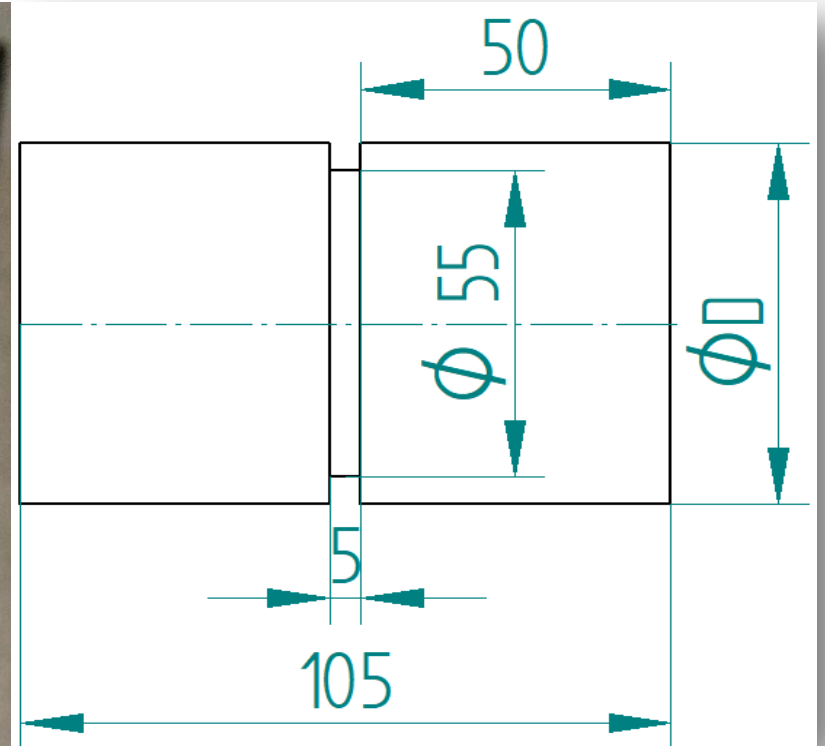


Software desenvolvido para a aquisição de grandezas elétricas provenientes dos medidores Kron Mult-K e Konect por meio da rede RS485/RS232 em conformidade com o protocolo Modbus-RTU

Exemplo: medição da potência ativa



Experimento com ferro fundido cinzento – FC200



CABO: MWLNL-2020 K06 – vide detalhes em: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/pages/productdetails.aspx?c=MWLNL%202020K%2006>

Ferramenta:

INSERTO: WNMG 06 04 08-KM - vide detalhes em: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/pages/productdetails.aspx?c=WNMG%2006%2004%2008-KM%20%20%20%203225&generalRefiners=%7B%7D>

Experimentos com o Ferro fundido: condições de corte e valores de rendimento

Blocos	Arquivos	Condições de corte				Rendimento (η_r)
		$\varnothing D$ [mm]	Vc[m/min]	f[mm/v]	ap[mm]	
FF1	Vc120F10AP15_T9	59	120	0,1	1,5	0,587
	Vc120F10AP15_T14	61				0,589
	Vc120F10AP15_T22	65				0,591
FF2	Vc120F20AP20_T6	59	120	0,2	2	0,556
	Vc120F20AP20_T19	64				0,547
	Vc120F20AP20_T26	62				0,547
FF3	Vc120F30AP10_T3	59	120	0,3	1	0,574
	Vc120F30AP10_T11	63				0,571
	Vc120F30AP10_T16	66				0,571
FF4	Vc210F10AP20_T8	62	210	0,1	2	0,524
	Vc210F10AP20_T13	64				0,526
	Vc210F10AP20_T23	61				0,528
FF5	Vc210F20AP10_T5	63	210	0,2	1	0,538
	Vc210F20AP10_T20	62				0,541
	Vc210F20AP10_T25	66				0,511
FF6	Vc210F30AP15_T2	61	210	0,3	1,5	0,528
	Vc210F30AP15_T10	65				0,515
	Vc210F30AP15_T17	63				0,505
FF7	Vc300F10AP10_T7	66	300	0,1	1	0,609
	Vc300F10AP10_T15	59				0,626
	Vc300F10AP10_T24	59				0,612
FF8	Vc300F20AP15_T4	65	300	0,2	1,5	0,625
	Vc300F20AP15_T21	59				0,628
	Vc300F20AP15_T27	59				0,622
FF9	Vc300F30AP20_T1	64	300	0,3	2	0,642
	Vc300F30AP20_T12	59				0,622
	Vc300F30AP20_T18	59				0,632

$\varnothing D$ = diâmetro final

Análise dos resultados

30/08/2019 19:22:55															
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	#####														
2	{GRANDEZAS}														
3	TEMPO [s]														
4	TENS?O TRIF?SICA[V]														
5	CORRENTE TRIF?SICA[A]														
6	POTENCIA ATIVA TRIFASICA[W]														
7	FATOR DE POT?NCIA TRIF?SICO														
8	ENERGIA ATIVA POSITIVA[kWh]														
9	ENERGIA REATIVA POSITIVA[kVar]														
10															
11	TEMPO [s]			Potencia											
12	-0,00074	212,264	4,643378	1142,268	0,669109	46,75362	52,68422								
13	0,529665	212,205	4,633781	1139,692	0,669169	46,75375	52,68436								
14	1,060066	212,2429	4,638966	1142,287	0,669823	46,75422	52,68459								
15	1,590467	212,0704	10,03048	3389,503	0,91997	46,75457	52,68481								
16	2,120868	212,23	4,964735	1312,883	0,719387	46,75471	52,68496								
17	2,620069	212,2388	4,948205	1302,146	0,715858	46,75493	52,68517								
18	3,11927	212,2585	4,954843	1305,314	0,716571	46,75507	52,68531								
19	3,618471	212,3789	4,974802	1315,985	0,719123	46,75529	52,68552								
20	4,117672	212,4552	4,964548	1306,956	0,715407	46,75544	52,68566								
21	4,632472	212,5007	4,965431	1309,802	0,716684	46,75565	52,68587								
22	5,162873	212,5926	4,966195	1309,12	0,715891	46,75588	52,68609								
23	5,693274	212,6343	4,970277	1310,42	0,715873	46,75602	52,68623								
24	6,223675	212,675	4,96495	1308,05	0,715208	46,75624	52,68644								
25	6,754076	212,5947	4,961302	1307,138	0,715505	46,75645	52,68665								
26	7,268877	212,5474	4,970949	1310,344	0,716027	46,7566	52,6868								
27	7,768078	212,5341	4,964716	1306,641	0,714945	46,75682	52,68701								
28	8,267279	212,4532	4,96439	1309,471	0,716813	46,75697	52,68715								
29	8,76648	212,4617	4,966936	1310,718	0,7171	46,75718	52,68736								

FoFo – FC200

Obs.1: os resultados das medições foram armazenados em arquivos de texto, com as grandezas separadas por “;”. Esses arquivos podem ser abertos no MS-Excel. Apenas as colunas referentes ao tempo de aquisição e à potência elétrica devem ser analisados.

Obs.2: Para fins de relatório, cada aluno deverá analisar os resultados de, no mínimo, três experimentos.

Cálculo da potência de corte por meio de modelos empíricos

Utilizando a Eq1. e o modelo de Kienzle para cálculo da força de corte, conforme demonstrado em aula, a potência de corte poderá ser estimada em função do ângulo saída (γ), das condições de corte (V_c , a_p , f), do coeficiente K_{s1} e do expoente $(1-z)$, tal como definido pela Eq. 5.

$$P_c = (1 - 0,01\gamma)K_{s1}bh^{(1-z)}$$

O coeficiente **Ks1** pode ser encontrado nos catálogos dos fabricantes de ferramentas e, geralmente, aparece como **Kc1.1**. Da mesma forma, o expoente **(1-z)** é tabelado pelos fabricantes, sendo que o “z” aparece com “m”. O ângulo de saída (γ) deve ser corrigido em função da geometria do quebra cavaco e do porta ferramenta, conforme procedimento visto em aula.

Alguns fabricantes, vide por exemplo a empresa Taegutec (<https://www.imc-i.com/mpwr/Turning/MachiningPower>) disponibilizam uma calculadora para o cálculo da potencia de corte.



Relatório

O relatório é individual e deve ser preparado conforme instruções dadas no website do laboratório (página da disciplina de usinagem, disponível em:

<http://www.labusig.ufpr.br/usinagem/tm113.htm>

Os dados referentes às medições estão disponíveis na página da disciplina, em arquivos identificados pelo código da turma