



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO
AUTHORIZATION FOR PUBLICATION

AUTORES AUTHORS	PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS		AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY	
	CENTRÍFUGA DE PLASMA CIRCUITO FORMADOR DE PULSO LC IMPEDÂNCIA DE PLASMA		Gerson Otto Ludwig Chefe do LAP	
AUTOR RESPONSÁVEL RESPONSIBLE AUTHOR		DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION		REVISADA POR/REVISED BY
Renato Sérgio Dallaqua		☐ INTERNA / INTERNAL ☒ EXTERNA / EXTERNAL ☐ RESTRITA / RESTRICTED		José Osvaldo Rossi
CDU/UDC			DATA / DATE	
533.9			Outubro/1990	
TÍTULO/TITLE	PUBLICAÇÃO Nº PUBLICACION NO		ORIGEM ORIGIN	
	INPE-5161-RPE/639		LAP	
AUTORES/AUTHORSHIP	PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM CIRCUITO FORMADOR DE PULSO PARA A CENTRÍFUGA DE PLASMA		PROJETO PROJECT	
			PCEN	
			Nº DE PAG. NO OF PAGES	ULTIMA PAG. LAST PAGE
			VERSÃO VERSION	Nº DE MAPAS NO OF MAPS
Renato Sérgio Dallaqua Edson Del Bosco Gerson Otto Ludwig Antonio Montes		RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES		
		Neste trabalho são mostrados o projeto, construção e o desempenho de um circuito formador de pulso LC, para a Centrífuga de Plasma. Usando simulação numérica, para resolver as equações de Kirchhoff do circuito, foi possível determinar os valores dos indutores para obter um pulso de corrente de plasma, praticamente constante, com duração aproximada de 12 ms.		
		OBSERVAÇÕES/REMARKS		



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO
AUTHORIZATION FOR PUBLICATION

AUTORES AUTHORS	PALAVRAS CHAVES / KEY WORDS		AUTORIZADA POR / AUTHORIZED BY	
	CENTRÍFUGA DE PLASMA CIRCUITO FORMADOR DE PULSO LC IMPEDÂNCIA DE PLASMA		Gerson Otto Ludwig Chefe do LAP	
AUTOR RESPONSÁVEL RESPONSIBLE AUTHOR		DISTRIBUIÇÃO / DISTRIBUTION		REVISADA POR / REVISED BY
Renato Sérgio Dallaqua		☐ INTERNA / INTERNAL ☒ EXTERNA / EXTERNAL ☐ RESTRITA / RESTRICTED		José Osvaldo Rossi
CDU/UDC			DATA / DATE	
533.9			Outubro/1990	
PUBLICAÇÃO Nº PUBLICATION NO			ORIGEM ORIGIN	
INPE-5161-RPE/639			LAP	
TÍTULO / TITLE	PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM CIRCUITO FORMADOR DE PULSO PARA A CENTRÍFUGA DE PLASMA		PROJETO PROJECT	
			PCEN	
AUTORES / AUTHORSHIP	Renato Sérgio Dallaqua Edson Del Bosco Gerson Otto Ludwig Antonio Montes		Nº DE PAG. NO OF PAGES	ÚLTIMA PAG. LAST PAGE
			40	A. 11
		VERSÃO VERSION	Nº DE MAPAS NO OF MAPS	
RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES				
Neste trabalho são mostrados o projeto, construção e o desempenho de um circuito formador de pulso LC, para a Centrífuga de Plasma. Usando simulação numérica, para resolver as equações de Kirchhoff do circuito, foi possível determinar os valores dos indutores para obter um pulso de corrente de plasma, praticamente constante, com duração aproximada de 12 ms.				
OBSERVAÇÕES / REMARKS				

ABSTRACT

In this work we show the project construction and the performance of a pulse LC network for the Plasma Centrifuge experiment. Using numerical calculation, to solve Kirchhoff's equations of the circuit we determine the values of the inductors necessary to obtain a pulse of plasma current practically constant with duration about 12 ms.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS.....	v
1 <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 <u>CIRCUITO LINHA DE TRANSMISSÃO LC</u>	3
3 <u>IMPEDÂNCIA DO PLASMA E DIMENSIONAMENTO DO CIRCUITO PARA UM PULSO DE 12ms</u>	8
4 <u>SIMULAÇÃO DO PULSO DO CIRCUITO LINHA DE TRANSMISSÃO LC</u>	12
5 <u>FORMA FINAL DO CIRCUITO DE PULSO LC</u>	13
6 <u>RESULTADOS OBTIDOS EXPERIMENTALMENTE</u>	18
7 <u>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</u>	19
8 <u>CONCLUSÃO</u>	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
APÊNDICE A - CÁLCULO NUMÉRICO DO PULSO DE CORRENTE DE PLASMA.....	A.1

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Esquema do experimento PCEN.....	1
2 - Forma da corrente de plasma versus tempo.....	2
3 - Circuito linha de transmissão LC.....	3
4 - Forma de onda da corrente na carga.....	4
5 - Circuito linha de transmissão que leva em conta as resistências dos capacitores e indutores.....	6
6 - Malhas do circuito formador de pulso LC para obtenção das equações de Kirchhoff.....	7
7 - Forma do pulso para $Z_{\text{linha}} = Z_{\text{carga}}$ quando L e C não são ideais.....	8
8 - Variação temporal do campo magnético axial da PCEN.....	11
9 - Forma do pulso de corrente com todos os indutores iguais a $10 \mu\text{H}$	12
10 - Forma do pulso quando a resistência dos indutores for maior que $1 \text{ m}\Omega$	13
11 - Foto do circuito linha de transmissão LC construído.....	15
12 - Disposição dos 22 indutores, seus valores e respectivas resistências.....	16
13 - Pulso de corrente com a disposição da Figura 12.....	17
14 - Pulso de corrente obtido experimentalmente com catodo de magnésio, tensão de carga de 100V e campo magnético de 1,5 KG.....	18
15 - Pulso de corrente e campo magnético.....	19
A.1- Corrente de plasma versus tempo obtida com a simulação numérica.....	A.11

1 INTRODUÇÃO

O projeto Centrífuga de Plasma (PCEN) vem sendo desenvolvido no LAP/INPE desde o segundo semestre de 1981 e os objetivos deste experimento são o estudo da viabilidade como separador isotópico e a pesquisa de plasmas em rotação.

O esquema do experimento como utilizado até junho de 1989 está mostrado na Figura 1. Resumidamente, o funcionamento do experimento é dado a seguir. O catodo é carregado por um banco de capacitores de 50 mF a uma tensão típica de 50-100V, e uma grade aterrada a cerca de 5 cm do catodo funciona como anodo. Não ocorre descarga entre o catodo e o anodo, pois estes estão dentro de uma câmara de vácuo a uma pressão de 1×10^{-6} mbar. A descarga em arco entre o catodo e o anodo ocorre somente quando um laser de CO_2 de 3 joules e 100 ns de largura de pulso é incidido sobre o catodo, criando um plasma que fecha o circuito entre o catodo e o anodo.

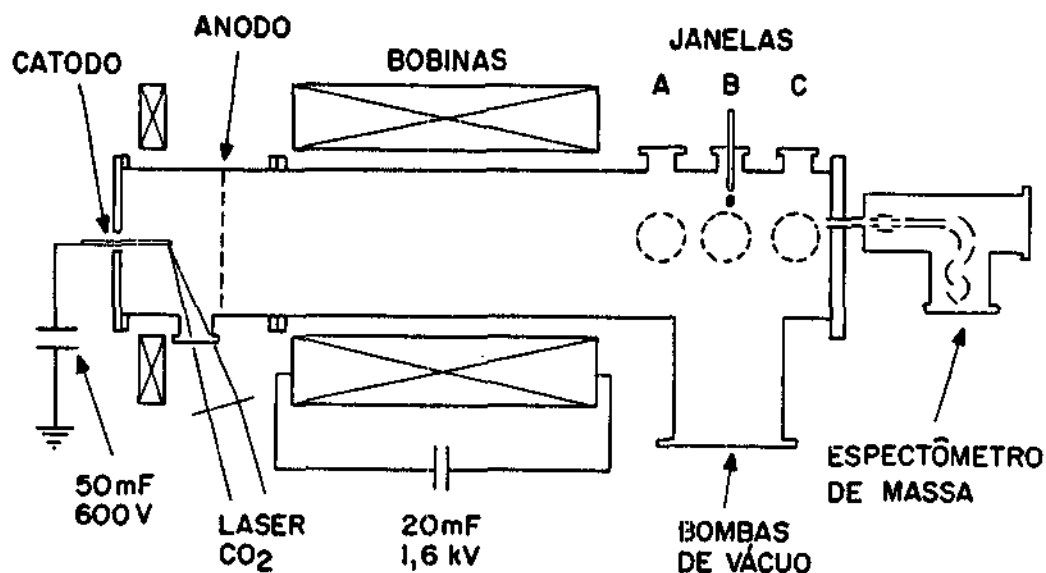


Fig. 1 - Esquema do experimento PCEN.

A Figura 2 mostra a corrente de plasma obtida com a descarga do banco de capacitores entre o catodo e o anodo.



Fig. 2 - Forma da corrente de plasma versus tempo.
A duração total do pulso de corrente é
cerca de 3 ms.

A interação entre esta corrente e o campo magnético axial produzido pelas bobinas (campo pulsado com $\tau = L/R = 120$ ms., campo constante ≈ 10 ms.) faz com que a coluna de plasma entre em rotação (força $J \times B$). Uma descrição física desta coluna é dada por Bittencourt [1] e Bittencourt e Ludwig [2]. Medidas de enriquecimento foram feitas por Del Bosco et al. [3, 4, 5] com um espectrômetro de massa do tipo quadrupolo elétrico.

Neste relatório estão mostradas as mudanças feitas no circuito elétrico do arco de tal forma a obter uma corrente de plasma praticamente constante por cerca de 10 ms., utilizando um circuito formador de pulso. São mostrados o projeto, a construção e o desempenho deste circuito.

A vantagem de ter uma corrente de plasma constante por alguns milissegundos é a de poder obter vários parâmetros do plasma, tais como temperatura de elétrons, íons, densidade de partículas carregadas e enriquecimento num único pulso. Este procedimento, além de agilizar a aquisição de dados, evita o problema de flutuações que ocorrem ao utilizar vários pulsos para obter, por exemplo, a curva característica de sondas de Langmuir ou o espectro de massa.

2 CIRCUITO LINHA DE TRANSMISSÃO LC

O circuito linha de transmissão LC tem o esquema mostrado na Figura 3.

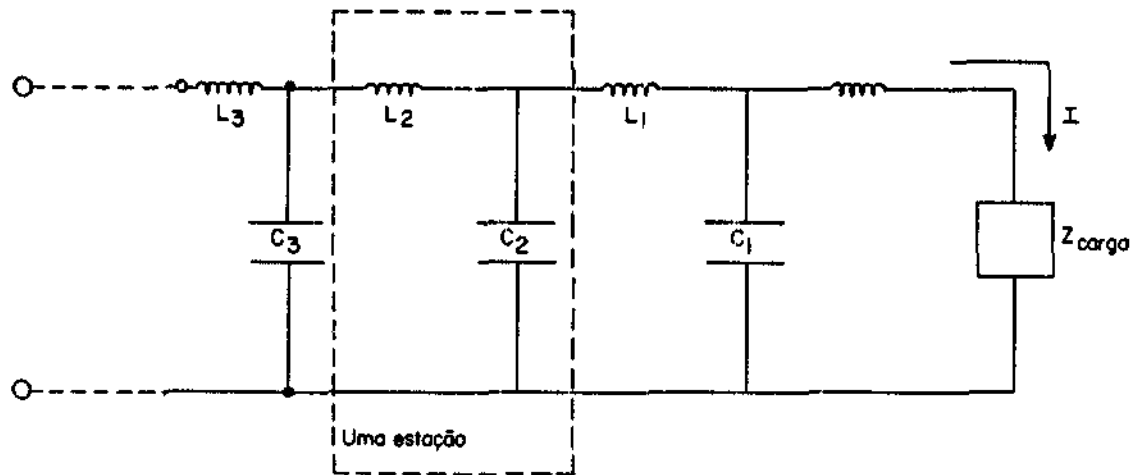


Fig. 3 - Circuito linha de transmissão LC.

A impedância deste circuito é dada pela expressão:

$$Z_{\text{linha}} = Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} . \quad (1)$$

A forma de onda da corrente na carga pode ter as formas indicadas na Figura 4.

Desse modo se se pretender obter uma corrente constante, deve-se fazer Z_{carga} o mais próximo possível de Z_{linha} . Neste caso, Z_{carga} é a impedância do plasma.

Se há, então, um casamento perfeito de impedância, tem-se, assim, uma corrente de forma quadrada com duração τ_p dada por:

$$\tau_p = 2N \sqrt{LC} \quad (2)$$

onde N é o número de estações (células LC), L é a indutância e C a capacitância (L e C são ideais).

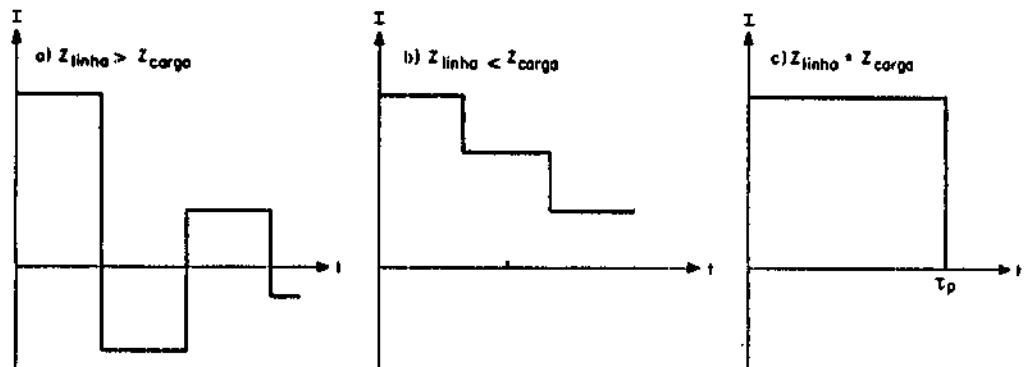


Fig. 4 - Forma de onda da corrente na carga.
 a) impedância da linha maior que a impedância da carga; b) impedância da linha menor que a da carga; c) impedância da linha igual à da carga.

Os capacitores reais têm uma resistência em série e em paralelo e os indutores, uma resistência em série, tornando, assim, o circuito na forma mostrada na Figura 5. A Figura 6 mostra como obter as equações de Kirchhoff para este circuito.

Da Figura 6a, têm-se:

$$\frac{dQ_i}{dt} = I_{i+1} - I_i - \frac{Q_i}{R_{p_i} C_i} \quad \text{para } i \neq N \quad (3)$$

e

$$L_i \frac{dI_i}{dt} = V_2 - V_1 \quad \text{ou}$$

$$\frac{dI_i}{dt} = \frac{1}{L_i} \left\{ R_{Si}(I_{i+1} - I_i) + \frac{Q_i}{C_i} - \left[R_{S(i-1)}(I_i - I_{i-1}) + \frac{Q_{i-1}}{C_{i-1}} \right] - R_{Li} I_i \right\} \quad \text{para } i \neq 1, i \neq N. \quad (4)$$

Da Figura 6b, têm-se:

$$\frac{dI_1}{dt} = \frac{-I_1(R_{S1} + R_{carga} + R_{L1}) + I_2 R_{S1} + Q_1/C_1}{L_1 + L_{carga}}. \quad (5)$$

Da Figura 6c, têm-se:

$$\frac{dQ_N}{dt} = -I_N - \frac{Q_N}{R_{pN} C_N} \quad (6)$$

e

$$L_N \frac{dI_N}{dt} = V_2 - V_1 \quad \text{ou}$$

$$\frac{dI_N}{dt} = \frac{1}{L_N} \left\{ -R_{SN} I_N + \frac{Q_N}{C_N} - \left[R_{S(N-1)}(I_N - I_{N-1}) + \frac{Q_{N-1}}{C_{N-1}} \right] - R_{LN} I_N \right\} \quad (7)$$

Estas são 2N equações lineares em 2N variáveis. A corrente através da carga (I_1) é a variável de interesse.

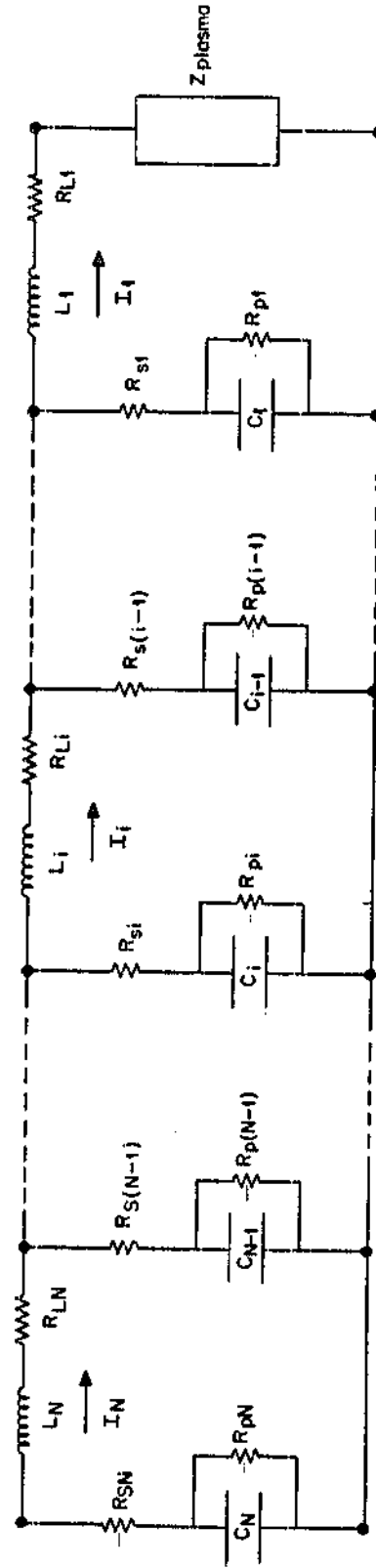


Fig. 5 - Circuito linha de transmissão que leva em conta as resistências dos capacitores e indutores.

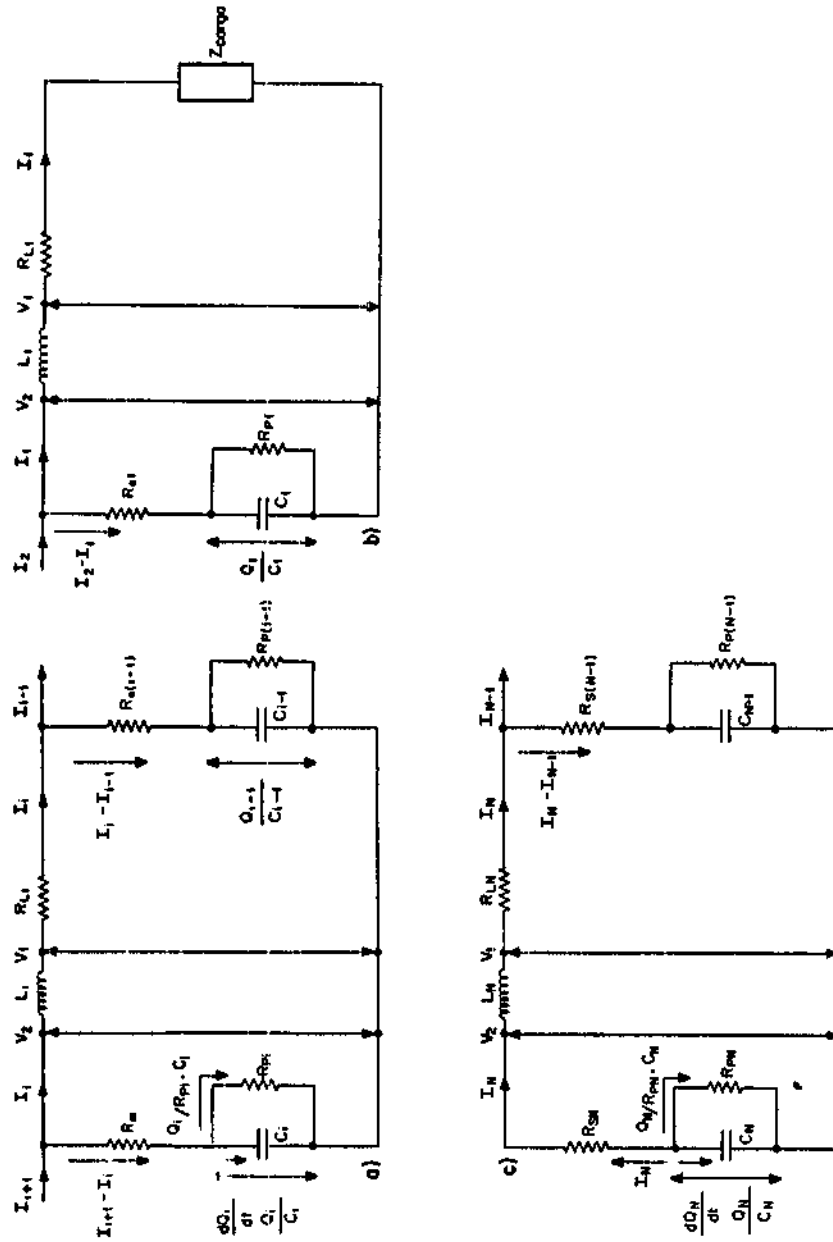


Fig. 6 - Malhas do circuito formador de pulso LC para obtenção das equações de Kirchhoff.

O fato de L e C não serem elementos ideais faz com que a corrente na carga para $Z_{\text{carga}} = Z_{\text{linha}}$ não tenha a forma mostrada na Figura 4c, mas sim a mostrada na Figura 7.

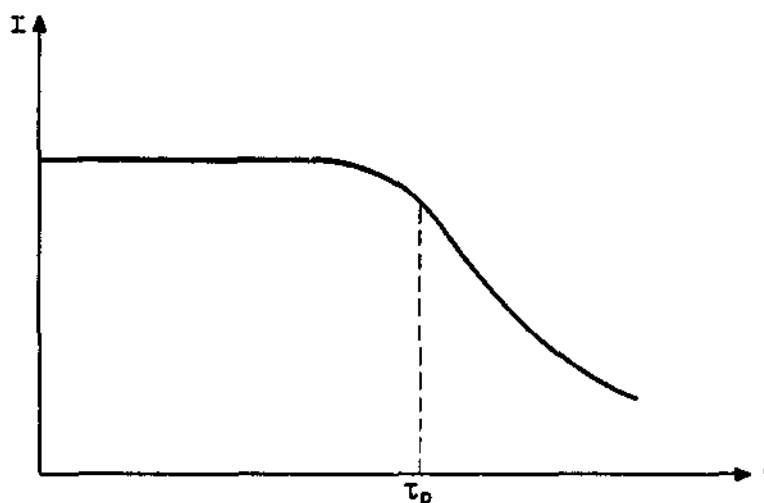


Fig. 7 - Forma do pulso para $Z_{\text{linha}} = Z_{\text{carga}}$ quando L e C não são ideais.

3 IMPEDÂNCIA DO PLASMA E DIMENSIONAMENTO DO CIRCUITO PARA UM PULSO DE 12 ms.

A impedância do plasma (Z_p) foi obtida através do valor de tensão aplicada ao catodo (tensão na qual o banco de capacitores de 50 mF é carregado, Figura 1) dividida pela corrente de plasma (I_p , valor de pico, Figura 2). A Tabela 1 sintetiza os valores obtidos de $Z_p = V/I_p$ com catodos de Mg, Zn, Cd, Pb (pureza de 99,5%) para cinco valores de campo magnético (0; 0,75; 1,5; 2,25; 3,0 KG) e tensão do catodo que varia entre 40 e 80 V.

Dos valores mostrados na Tabela 1, vê-se que para um intervalo amplo de campo magnético e tensão do catodo a impedância do plasma se situa entre os valores 30-40 m Ω .

TABELA 1 - IMPEDÂNCIA DO PLASMA

B (KG) V (VOLTS)							Z _p (mΩ)
		0	0,75	1,5	2,25	3,0	
Z - N - C - O	40	30	41	47	55		
	60	25	30	34	37	42	
	80	23	26	29	31	35	

B (KG) V (VOLTS)							Z _p (mΩ)
		0	0,75	1,5	2,25	3,0	
M A G N Ê S - I - O	50	34	39				
	65	29	32	35	32	37	
	80		30	30	30	31	

B (KG) V (VOLTS)							Z _p (mΩ)
		0	0,75	1,5	2,25	3,0	
C H U M B O	40	30	33	41			
	60	25	26	30	35	39	
	80	22	23	26	29	32	

B (KG) V (VOLTS)							Z _p (mΩ)
		0	0,75	1,5	2,25	3,0	
C A D M - I - O	40	26	38	45			
	60	23	28	32	35	40	
	80		25	28	31	33	

A Figura 8 mostra a dependência temporal do campo magnético no qual se vê que em torno do valor máximo o campo é praticamente constante por cerca de 10-15ms.

Da impedância do plasma e do tempo pelo qual o campo magnético pode ser considerado como constante, conclui-se que:

- 1) A impedância da linha Z_0 tem de ser aproximadamente igual à do plasma para haver bom casamento de impedâncias.

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = 30-40 \text{ m}\Omega.$$

- 2) O tempo de duração do pulso tem de ser menor que ou igual ao tempo pelo qual o campo magnético possa ser considerado constante.

$$\tau_p = 2N \sqrt{LC} = 10-15 \text{ ms.}$$

As seguintes escolhas foram feitas:

- 1) O número de estações foi escolhido como $N = 22$.
- 2) A capacitância C de cada estação é de 7,5 mF, composta de 3 capacitores de 2500 μ F/350V em paralelo (capacitores eletrolíticos -Siemens-Icotron). Este conjunto de 3 capacitores possui uma resistência em paralelo ($R_p = 30 \text{ m}\Omega$) e uma resistência em série ($R_s = 100 \text{ K}\Omega$), dados estes obtidos dos valores individuais de cada capacitor, fornecido pelo fabricante.

Fazendo $L = 10 \text{ }\mu\text{H}$, têm-se os resultados:

$$Z_0 = 36 \text{ m}\Omega ,$$

$$\tau_p = 12 \text{ ms.}$$

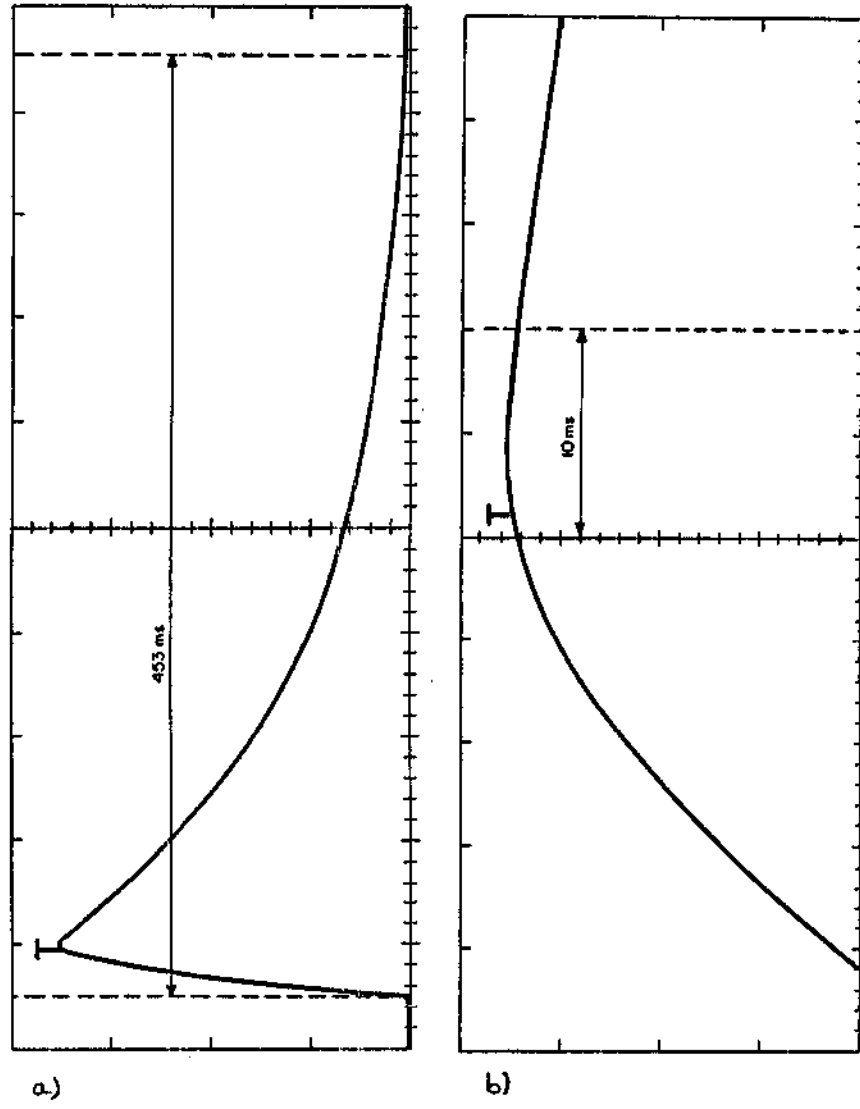


Fig. 8 - Variação temporal do campo magnético axial da PCEN.
a) duração total do campo; b) variação em torno do valor de pico.

A indutância de $10\mu\text{H}$ foi dimensionada utilizando a expressão para indutor curto, com uma camada e núcleo de ar:

$$L (\mu\text{H}) = \frac{39,5N^2a^2}{9a + 10l}, \quad (8)$$

onde N é o número de espiras, a é o raio do indutor e l é o comprimento do indutor (a e l em metros).

4 SIMULAÇÃO DO PULSO DO CIRCUITO LINHA DE TRANSMISSÃO LC

As Equações 3 a 7 foram resolvidas numericamente utilizando um programa com uma sub-rotina que resolve equações diferenciais. A listagem do programa, juntamente com a sub-rotina, encontra-se no Apêndice A.

Esta simulação revelou dados importantes para a obtenção de um pulso de corrente constante por cerca de 12 ms. Três fatos determinaram a construção do indutor.

- 1) Se todos os indutores tivessem o mesmo valor de $10\mu\text{H}$, a simulação revelaria que o pulso obtido seria como na forma mostrada na Figura 9.

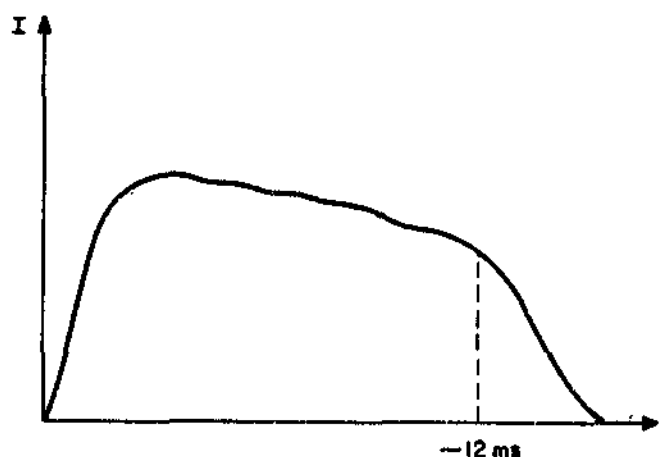


Fig. 9 - Forma do pulso de corrente com todos os indutores iguais a $10\mu\text{H}$.

- 2) Se a resistência dos indutores fosse maior que $1\text{ m}\Omega$, a simulação revelaria que o pulso seria como na forma mostrada na Figura 10, o que fez com que se utilizasse fio com seção maior que 120 mm^2 .

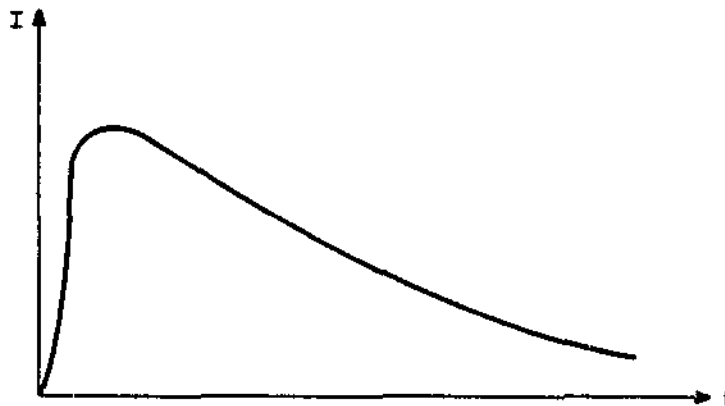


Fig. 10 - Forma do pulso quando a resistência dos indutores for maior que $1\text{ m}\Omega$.

- 3) Para a obtenção de um pulso bem constante, ter-se-ia de construir indutores com números de espiras não-inteiros. Durante a construção isto se mostrou impossível, pois ao fazer as ligações com os capacitores o fio de ligação acrescentava ou subtraía o valor da indutância previamente calculado. Para que todas as ligações terminassem na mesma posição, evitando assim o problema do fio de ligação, decidiu-se utilizar número inteiro de espiras.

5 FORMA FINAL DO CIRCUITO FORMADOR DE PULSO LC

A Tabela 2 dá os valores das indutâncias utilizadas (valores calculados com a Expressão 8), número de espiras (N), raio do indutor (a) e o valor da resistência do indutor.

TABELA 2 - PARÂMETROS DOS INDUTORES UTILIZADOS

a (cm)	L (μH)	N	R_l (m Ω)
10,9	11,6	8	0,55
10,9	9,7	7	0,48
10,9	7,7	6	0,41
10,9	5,9	5	0,35

Os 22 indutores foram construídos sobre um suporte de ma deira. Foi enrolado sobre este suporte fio de 185 mm² de seção num comprimento total aproximado de 3 metros e 200 quilos de peso. Depois de completado o número de espiras para dar a indutância desejada, foi feita a ligação com o capacitor. A Figura 11 mostra a foto do circuito for mador de pulso.



Fig. 11 - Foto do circuito linha de transmissão LC construído.

A Figura 12 mostra a disposição utilizada dos 22 indutores com seus valores medidos (em μH) e as respectivas resistências (em $m\Omega$).

A Figura 13 mostra o resultado da simulação numérica para a disposição mostrada na Figura 12. Admitiu-se nesta simulação que $R_{\text{plasma}} = 40 m\Omega$ e $L_{\text{plasma}} = 0H$.

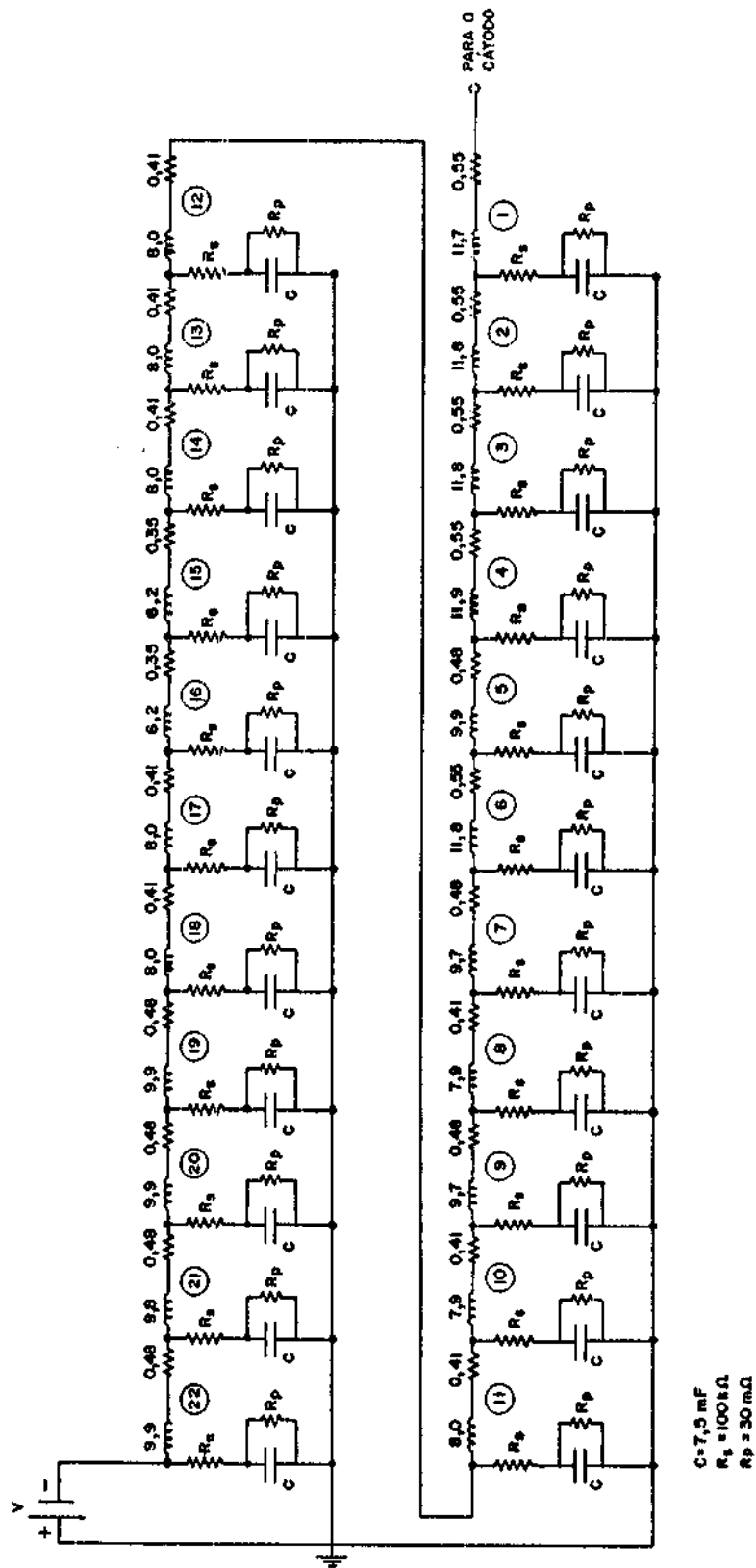


Fig. 12 - Disposição dos 22 indutores, seus valores e respectivas resistências.

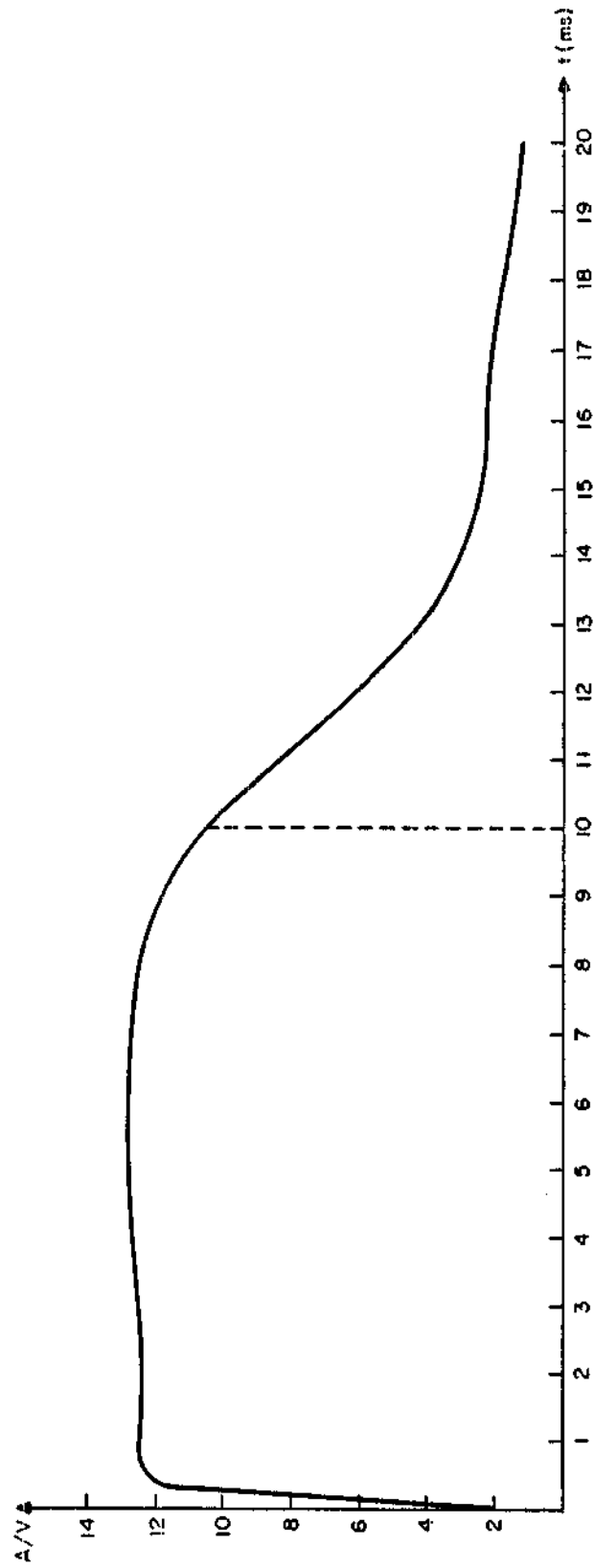


Fig. 13 - Pulso de corrente com a disposição da Figura 12.
Resultado obtido com simulação numérica.

6 RESULTADOS OBTIDOS EXPERIMENTALMENTE

A Figura 14 mostra o pulso de corrente obtido experimentalmente. O catodo era de magnésio, sendo a tensão de carga de 100V e o campo magnético de 1,5 KG.

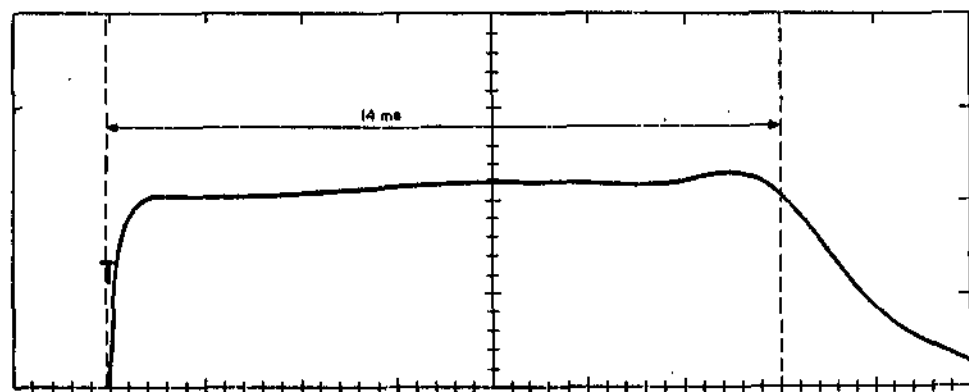


Fig. 14 - Pulso de corrente obtido experimentalmente com catodo de magnésio, tensão de carga de 100V e campo magnético de 1,5 KG.

Na Figura 14 tem-se uma corrente de plasma de 810A, com pouca variação por cerca de 11 ms.

A Figura 15 mostra o pulso de corrente juntamente com o campo magnético, onde se vê que o campo varia pouco durante o pulso de corrente de plasma.

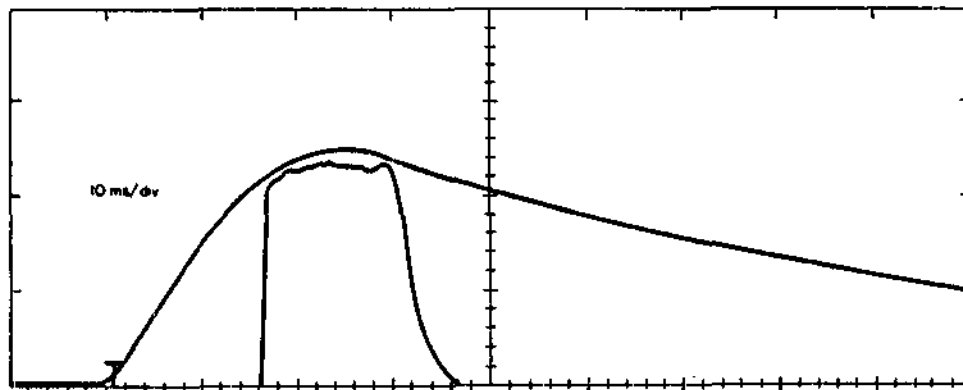


Fig. 15 - Pulso de corrente e campo magnético.

7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Pela simulação numérica (Figura 13) obtém-se um pulso de corrente com p 10 ms. Experimentalmente (Figura 14) obtém-se p 14 ms. Embora as formas de onda sejam iguais, há uma diferença nos tempos de duração dos pulsos (razão entre os tempos de 1,4).

A simulação numérica não leva em conta o efeito do acoplamento entre os indutores, e este acoplamento existe pela maneira com que os indutores foram construídos. Dos tempos obtidos pela simulação numérica e do obtido experimentalmente, é possível obter uma estimativa da indutância efetiva.

A indutância efetiva para dois indutores ligados em série é dada pela expressão:

$$L_{ef} = L_1 + L_2 + 2K\sqrt{L_1 L_2} \quad (-1 \leq k \leq 1). \quad (9)$$

Tomando aproximadamente $L_1 = L_2 = L$, obtêm-se

$$L_{ef} = 2L (1 + K). \quad (10)$$

Dos tempos de simulação e o experimental (efetivo), têm-se

$$\tau_{sim} = 2N\sqrt{LC} \sim 10 \text{ ms.}, \quad (11)$$

$$\tau_{ef} = 2N\sqrt{L_{ef}C} \sim 14 \text{ ms.} \quad (12)$$

Obtêm-se das Equações 11 e 12 que $L_{ef} \sim 2L$ e da Equação 10 que $K \sim 0$.

8 CONCLUSÃO

O objetivo de obter um pulso de corrente de plasma praticamente constante por cerca de 10 ms. foi plenamente atingido.

Embora a simulação numérica não leve em conta a mútua indutância, esta simulação revelou dados importantes para a obtenção de um pulso de corrente constante. Os dois fatos mais importantes revelados pela simulação foram o do limite na resistência do indutor e de como os valores dos 22 indutores devem ser variados, para a obtenção de um pulso o mais constante possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BITTENCOURT, J.A. Theoretical behaviour of fully ionized multiple species magnetized plasmas under rotation. São José dos Campos, INPE, June 1986. (INPE-3915-RPE/510).
- [2] BITTENCOURT, J.A.; LUDWIG, G.O. Steady state behaviour of rotating plasmas in a vacuum-arc centrifuge. Plasma Physics and Controlled Fusion, 29(5):601-620, 1987.
- [3] DEL BOSCO, E.; DALLAQUA, R.S.; LUDWIG, G.O.; BITTENCOURT, J.A. Isotopic enrichment in a plasma centrifuge. Applied Physics Letters, 50:1716-1718, June 1987.
- [4] DEL BOSCO, E.; DALLAQUA, R.S.; BITTENCOURT, J.A.; LUDWIG, G.O. Vacuum-arc plasma centrifuge experiment. IEEE Transactions on Plasma Science, 17(5):701-704, Oct. 1989.
- [5] DEL BOSCO, E.; DALLAQUA, R.S.; LUDWIG, G.O. Utilização de um analisador quadrupolar de massa para monitoramento de plasmas de elementos metálicos. Revista Brasileira de Aplicações do Vácuo, 5(1,2):160-167, 1985.

APÊNDICE A

CÁLCULO NUMÉRICO DO PULSO DE CORRENTE DE PLASMA

Neste apêndice apresenta-se a listagem do programa utilizado na simulação do pulso da corrente de plasma. Tanto o programa como a sub-rotina foram cedidos gentilmente por Krishman durante sua visita ao LAP em outubro de 1984. No programa foram feitas algumas modificações por Del Bosco.

Os dados de entrada foram:

Número de estações LC	-	$N = 22$
Resistência em série do capacitor	-	$R_s = 1 \times 10^5 \Omega$
Resistência em paralelo do capacitor	-	$R_p = 0,03 \Omega$
Capacitância	-	$C = 7,5 \times 10^{-3} \text{ F}$
Resistência do plasma	-	$R_{\text{plasma}} = 40 \times 10^{-3} \Omega$
Indutância do plasma	-	$L_{\text{plasma}} = 0,0 \text{ H}$

Os valores dos indutores são dados logo após a listagem do programa. O primeiro número da coluna é o número do indutor (que é o mesmo da sua disposição no circuito); o segundo número é a indutância em H; e o terceiro é a resistência do indutor em ohm.

Logo após os dados de entrada estão os dados de saída, onde o primeiro número da coluna é o tempo em ms., e o segundo é a corrente de plasma em A/V. A Figura A.1 é o gráfico da corrente de plasma (A/V) versus tempo (ms.).

```

      REAL*8 Y(100),YP(100),T,TOUT,RELERR,ABSERR,WORK(100)
      DIMENSION XT(100),XC(100)
      COMMON NN,RLOAD,ALLOAD
      COMMON RP(90),RC(90),RL(90),C(90),AL(90)
      INTEGER NEQN,IFLAG,IWORK(5)
      EXTERNAL F
      OPEN(14,FILE='INW.DAT',STATUS='OLD')
      OPEN(15,FILE='DNW.DAT',STATUS='NEW')

      READ(14,*)VND,RPD,RCD,CD,RLOADD,ALLOADD
      NN=NNND
      DO 100 I=1,NN
        RP(I)=RPD
        RC(I)=RCD
        C(I)=CD
        READ(14,*)X,AL(I),RL(I)
        WRITE(15,*)X,AL(I),RL(I)
        Z(I)=0.
100   CONTINUE
      RLOAD=RLOADD
      ALOAD=ALLOADD
      V0=1.
      DO 200 II=1,NN
        H=NN
        J=II+H
        Y(J)=V0*C(II)
200   CONTINUE
      T=0.
      TOUT=1.0E-5
      NEQN=2*NN
      RELERR=1.E-8
      ABSERR=1.E-8
      IFLAG=1
      DO 500 I=1,100
        XT(I)=0.0
500   XC(I)=0.0
      DO 300 K=1,100
        CALL RK45(P,NEQN,Y,T,TOUT,RELERR,ABSERR,IFLAG,WORK,IWORK,JAA)
        IF (JAA .EQ. 1) GO TO 400
        ATOUT=1.E+3*TOUT
        TYPE 302,ATOUT,Y(1),IFLAG
        WRITE(15,301)ATOUT,Y(1),IFLAG,K
        TOUT=TOUT+5.0E-5
        XT(K)=ATOUT
        XC(K)=Y(1)
300   CONTINUE
400   K=K-1
        CALL GRAP(XT,YC,K)
301   FORMAT(2F12.4,5X,I2,5X,I2)
302   FORMAT(3F12.4,I2)
      END
C
C .....
C
      SUBROUTINE F(T,Y,YP)
      REAL*8 X(100),YP(100)
      COMMON NN,RLOAD,ALLOAD
      COMMON RP(90),RC(90),RL(90),C(90),AL(90)
      NNN=2*NN
      NI=NN+1
      YP(1)=((-Y(1))*RP(1)+RLOAD*RL(1))+Y(NI)/C(1)+(Y(2)*RP(1))/
      $ (AL(1)+ALLOAD)
      NJ=NN-1
      NK=NNH-1
      DO 500 L=2,NJ
        YP(L)=(RP(L)*Y(L+1)-Y(L))+Y(L+NN)/C(L)-RP(L-1)*Y(L)-Y(L-1)/
      $ -(Y(L+NJ)/C(L-1)-RL(L)*Y(1))/AL(L)
500   CONTINUE
      YP(NN)=(-Y(NN))*RP(NN)+RP(NJ)+RL(NN)+Y(NNN)/C(NN)-
      $ (Y(NX)/C(NJ)+Y(NJ)*RP(NJ))/AL(NN)
      DO 610 M=NI,NK
        YP(M)=(Y(M-NJ)-Y(M-NN)-Y(K))/(C(M-NN)*RC(M-NN))
610   CONTINUE
      YP(NNN)=Y(NN)-Y(NNN)/(C(NN)*RC(NN))
      RETURN
      END
C
C .....
C
      SUBROUTINE RK45(P,NEQN,Y,T,TOUT,RELERR,ABSERR,IFLAG,WORK,IWORK,
      $JAA)
      INTEGER NEQN,IFLAG,IWORK(5)
      DOUBLE PRECISION Y(NEQN),T,TOUT,RELERR,ABSERR,WORK(1)
      EXTERNAL F
      INTEGER K1,F2,K3,K4,K5,K6,K1M

```

```

C
      K1M=NEQN+1
      K1=K1M+1
      K2=K1+NEQN
      K3=K2+NEQN
      K4=K3+NEQN
      K5=K4+NEQN
      K6=K5+NEQN
C
      CALL RKFS(F,NEQN,Y,T,TOUT,RELERR,ABSERR,IFLAG,WORK(1),WORK(K1M),
      $WORK(K1),WORK(K2),WORK(K3),WORK(K4),WORK(K5),WORK(K6),
      $WORK(K6+1),IWORK(1),IWORK(2),IWORK(3),IWORK(4),IWORK(5),JAA)
      RETURN
      END
C
C .....
C
      SUBROUTINE RKFS(F,NEQN,Y,T,TOUT,RELERR,ABSERR,IFLAG,YP,H,F1,F2,F3,
      $F4,F5,SAVRE,SAVAE,NFE,KOP,INIT,JFLAG,KFLAG,JAA)
C
      LOGICAL HPAILD,OUTPUT
      INTEGER NEQN,IFLAG,NFE,KOP,INIT,JFLAG,KFLAG
      DOUBLE PRECISION Y(NEQN),T,TOUT,RELERR,ABSERR,H,YP(NEQN),
      $F1(NEQN),F2(NEQN),F3(NEQN),F4(NEQN),F5(NEQN),SAVRE,
      $SAVAE
      EXTERNAL F
      DOUBLE PRECISION A,AE,DT,EE,ZEOT,ESTTOL,ET,HMIN,HEMIN,RER,S,
      $SCALE,TOL,TOLN,TWOEPS,U26,YPK
      INTEGER K,MAXNFE,MFLAG
      DOUBLE PRECISION DABS,DMAX1,DMIN1,DSIGN
C
      DATA HEMIN/1.0-12/
C
      DATA MAXNFE/1000/
C
      DATA TWOEPS,U26/4.4D-16,5.72D-15/
C
      IF (NEQN .LT. 1) GO TO 10
      IF ((RELERR .LT. 0.0D0) .OR. (ABSERR .LT. 0.0D0)) GO TO 10
      MFLAG=IABS(IFLAG)
      IF ((MFLAG .GE. 1) .AND. (MFLAG .LE. 8)) GO TO 20
10  IFLAG=0
      RETURN
C
20  IF(MFLAG .EQ. 1) GO TO 50
      IF((T .EQ. TOUT) .AND. (KFLAG .NE. 3)) GO TO 10
      IF(MFLAG .NE. 2) GO TO 25
      IF(KFLAG .EQ. 3) GO TO 45
      IF(INIT .EQ. 0) GO TO 45
      IF(KFLAG .EQ. 4) GO TO 40
      IF((KFLAG .EQ. 5) .AND. (ABSERR .EQ. 0.0D0)) GO TO 30
      IF((KFLAG .EQ. 6) .AND. (RELERR .LE. SAVRE) .AND.
      $ABSERR .LE. SAVAE)) GO TO 30
      GO TO 36
C
25  IF(IFLAG .EQ. 3) GO TO 45
      IF(IFLAG .EQ. 4) GO TO 40
      IF((IFLAG .EQ. 5) .AND. (ABSERR .GT. 0.0D0)) GO TO 45
C
30  JAA=1
      RETURN
C
40  NFE=0
      IF(MFLAG .EQ. 2) GO TO 50
45  IFLAG=JFLAG
      IF(KFLAG .EQ. 3) MFLAG=IABS(IFLAG)
50  JFLAG=IFLAG
      KFLAG=0
      SAVRE=RELERR
      SAVAE=ABSERR
C
      RER=TWOEPS+HEMIN
      IF(RELERR .GE. RER) GO TO 55
      RELERR=RER
      IFLAG=3
      KFLAG=3
      RETURN
55  DT=TOUT-T
      IF(MFLAG .EQ. 1) GO TO 60
      IF(INIT .EQ. 0) GO TO 65
      GO TO 80
C
60  INIT=0
      KOP=0
      A=T

```

```

CALL F(A,Y,YP)
NFE=1
IF(T.NE.TOUT) GO TO 65
IFLAG=2
RETURN
65 INIT=1
H=DABS(DT)
TOLN=0.
DO 70 K=1,NEQN
TOL=RELERF*DABS(Y(K))+ABSERR
IF(TOL.LE.0.) GO TO 70
TOLN=TOL
YPK=DABS(YP(K))
IF(YPK**5.GT.TOL) H=(TOL/YPK)**0.2D0
70 CONTINUE
IF(TOLN.LE.0.0D0) H=0.0D0
H=DHAX1(H,U26*DHAX1(DABS(T),DABS(DT)))
JFLAG=ISIGN(2,IFLAG)
C
80 H=DSIGN(H,DT)
C
IF(DABS(H).GE.2.0D0*DABS(DT)) KOP=KOP+1
IF(KOP.NE.100) GO TO 85
KOP=0
IFLAG=7
RETURN
85 IF(DABS(DT).GT.U26*DABS(T)) GO TO 95
DO 90 K=1,NEQN
90 Y(K)=Y(K)+DT*YP(K)
A=TOUT
CALL F(A,Y,YP)
NFE=NFE+1
GO TO 300
95 OUTPUT=.FALSE.
C
SCALE=2.0D0/RELERF
AE=SCALE*ABSERR
100 HFAILD=.FALSE.
C
HMIN=U26*DABS(T)
C
DT=TOUT-T
IF(DABS(DT).GE.2.0D0*DABS(H)) GO TO 100
IF(DABS(DT).GT.DABS(H)) GO TO 150
C
OUTPUT=.TRUE.
H=DT
GO TO 200
150 H=C.5D0*DT
C
C
C
200 IF(NFE.LE.MAXNFE) GO TO 220
IFLAG=4
KFLAG=4
RETURN
C
220 CALL FEHL(F,NEQN,Y,T,H,YP,F1,F2,F3,F4,F5,F1)
NFE=NFE+5
C
EEOET=0.0D0
DO 250 K=1,NEQN
ET=DABS(Y(K))+DABS(F1(K))+AE
IF(ET.GT.0.0D0) GO TO 240
IFLAG=5
RETURN
240 EE=DABS((-2090.0D0*YP(K)+(21970.0D0*F3(K)-15048.0D0*F4(K))+
$(22528.0D0*F2(K)-27360.0D0*F5(K)))
250 EEOET=DHAX1(EEOET,EE/ET)
ESTTOL=DABS(H)*EEOET*SCALE/752400.0D0
IF(ESTTOL.LE.1.0D0) GO TO 260
C
HFAILD=.TRUE.
OUTPUT=.FALSE.
S=0.1D0
IF(ESTTOL.LT.59049.0D0) S=C.9D0/ESTTOL**0.2D0
H=S*H
IF(DABS(H).GT.HMIN) GO TO 200
IFLAG=6
KFLAG=6
RETURN
C
C
260 T=T+H
DO 270 K=1,NEQN

```

```

270 Y(K)=F1(K)
    A=T
    CALL F(A,Y,YP)
    NFE=NFE+1
C
C
    S=5.000
    IF(ESTTOL .GT. 1.8895680-4) S=0.900/ESTTOL**0.200
    IF(HFALD) S=DMIN1(S,1.000)
    H=DSIGN(DMAX1(S*DABS(H),HMIN),H)
C
    IF(OUTPUT) GO TO 300
    IF(IFLAG .GT. 0) GO TO 100
    IFLAG=-2
    RETURN
300 T=TOUT
    IFLAG=2
    RETURN
    END
C
C.....
C
    SUBROUTINE FEHL(P,NEQN,Y,T,H,YP,F1,F2,F3,F4,F5,S)
C
C
    INTEGER NEQN
    DOUBLE PRECISION Y(NEQN),T,H,YP(NEQN),F1(NEQN),F2(NEQN),
    F3(NEQN),F4(NEQN),F5(NEQN),S(NEQN)
    DOUBLE PRECISION CH
    INTEGER K
    CH=H/4.000
    DO 221 K=1,NEQN
221 F5(K)=Y(K)+CH*YP(K)
    CALL F(T+CH,F5,F1)
    CH=3.000*H/32.000
    DO 222 K=1,NEQN
222 F5(K)=Y(K)+CH*(YP(K)+3.000*F1(K))
    CALL F(T+3.000*H/8.000,F5,F2)
    CH=H/2197.000
    DO 223 K=1,NEQN
223 F5(K)=Y(K)+CH*(1932.000*YP(K)+(7296.000*F2(K)-7200.000*F1(K)))
    CALL F(T+12.000*H/13.000,F5,F3)
    CH=H/4104.000
    DO 224 K=1,NEQN
224 F5(K)=Y(K)+CH*((8341.000*YP(K)-845.000*F3(K))+
    $(29440.000*F2(K)-32832.000*F1(K)))
    CALL F(T+H,F5,F4)
    CH=H/70520.000
    DO 225 K=1,NEQN
225 F1(K)=Y(K)+CH*((-6080.000*YP(K)+(5295.000*F3(K)-
    $5643.000*F4(K)))+(41040.000*F1(K)-28352.000*F2(K)))
    CALL F(T+H/2.000,F1,F5)
C
    CH=H/7618050.000
    DO 230 K=1,NEQN
230 S(K)=Y(K)+CH*((1902880.000*YP(K)+(3059735.000*F3(K)-
    $1371249.000*F4(K)))+(3953664.000*F1(K)+
    $277020.000*F5(K)))
    RETURN
    END
C
C.....
C
    SUBROUTINE GRAP(XT,YC,K)
    DIMENSION XT(K),YC(K)
    CALL BEGPLT('META.DAT')
    CALL LPLT(1,1,1,XT,YC,K,1,'CORRENTE DE PLASMA',18,
    $ 'TEMPO ( MS )',12,'CORRENTE/VOLT ( A/V )',21)
    CALL FINPLT
    RETURN
    END

```

```
22
.03
1.0E+5
7.5E-3
40.0E-3
0.0
1,11.7E-6,0.55E-3
2,11.6E-6,0.55E-3
3,11.0E-6,0.55E-3
4,11.9E-6,0.55E-3
5,9.9E-6,0.48E-3
6,11.0E-6,0.55E-3
7,9.7E-6,0.48E-3
8,7.9E-6,0.41E-3
9,9.7E-6,0.48E-3
10,7.9E-6,0.41E-3
11,8.0E-6,0.41E-3
12,8.0E-6,0.41E-3
13,8.0E-6,0.41E-3
14,8.0E-6,0.41E-3
15,6.2E-6,0.35E-3
16,6.2E-6,0.35E-3
17,8.0E-6,0.41E-3
18,8.0E-6,0.41E-3
19,9.9E-6,0.48E-3
20,9.9E-6,0.48E-3
21,9.0E-6,0.46E-3
22,9.9E-6,0.48E-3
```

0.0100	0.6294	2	1
0.1100	6.8159	2	2
0.2100	9.9172	2	3
0.3100	11.4273	2	4
0.4100	12.1056	2	5
0.5100	12.3751	2	6
0.6100	12.4591	2	7
0.7100	12.4676	2	8
0.8100	12.4512	2	9
0.9100	12.4305	2	10
1.0100	12.4126	2	11
1.1100	12.3993	2	12
1.2100	12.3905	2	13
1.3100	12.3855	2	14
1.4100	12.3839	2	15
1.5100	12.3851	2	16
1.6100	12.3887	2	17
1.7100	12.3942	2	18
1.8100	12.4011	2	19
1.9100	12.4089	2	20
2.0100	12.4172	2	21
2.1100	12.4258	2	22
2.2100	12.4345	2	23
2.3100	12.4434	2	24
2.4100	12.4525	2	25
2.5100	12.4620	2	26
2.6100	12.4722	2	27
2.7100	12.4832	2	28
2.8100	12.4954	2	29
2.9100	12.5087	2	30
3.0100	12.5232	2	31
3.1100	12.5389	2	32
3.2100	12.5555	2	33
3.3100	12.5720	2	34
3.4100	12.5907	2	35
3.5100	12.6088	2	36
3.6100	12.6267	2	37
3.7100	12.6443	2	38
3.8100	12.6613	2	39
3.9100	12.6775	2	40
4.0100	12.6926	2	41
4.1100	12.7067	2	42
4.2100	12.7195	2	43
4.3100	12.7311	2	44
4.4100	12.7414	2	45
4.5100	12.7505	2	46
4.6100	12.7584	2	47
4.7100	12.7653	2	48
4.8100	12.7710	2	49
4.9100	12.7759	2	50
5.0100	12.7798	2	51
5.1100	12.7830	2	52
5.2100	12.7854	2	53
5.3100	12.7872	2	54
5.4100	12.7884	2	55
5.5100	12.7890	2	56
5.6100	12.7892	2	57
5.7100	12.7888	2	58
5.8100	12.7879	2	59
5.9100	12.7865	2	60
6.0100	12.7845	2	61
6.1100	12.7819	2	62
6.2100	12.7786	2	63
6.3100	12.7745	2	64
6.4100	12.7695	2	65
6.5100	12.7635	2	66
6.6100	12.7563	2	67
6.7100	12.7479	2	68
6.8100	12.7380	2	69
6.9100	12.7266	2	70
7.0100	12.7133	2	71
7.1100	12.6982	2	72
7.2100	12.6810	2	73
7.3100	12.6615	2	74
7.4100	12.6396	2	75
7.5100	12.6151	2	76
7.6100	12.5879	2	77
7.7100	12.5576	2	78
7.8100	12.5242	2	79
7.9100	12.4875	2	80
8.0100	12.4472	2	81
8.1100	12.4030	2	82
8.2100	12.3540	2	83
8.3100	12.3023	2	84
8.4100	12.2452	2	85

8.5100	12.1032	2	86
8.6100	12.1159	2	87
8.7100	12.0432	2	88
8.8100	11.9646	2	89
8.9100	11.8797	2	90
9.0100	11.7884	2	91
9.1100	11.6901	2	92
9.2100	11.5847	2	93
9.3100	11.4718	2	94
9.4100	11.3512	2	95
9.5100	11.2226	2	96
9.6100	11.0859	2	97
9.7100	10.9409	2	98
9.8100	10.7876	2	99
9.9100	10.6259	2	100
10.0100	10.4561	2	101
10.1100	10.2781	2	102
10.2100	10.0922	2	103
10.3100	9.8987	2	104
10.4100	9.6961	2	105
10.5100	9.4907	2	106
10.6100	9.2771	2	107
10.7100	9.0579	2	108
10.8100	8.8337	2	109
10.9100	8.6053	2	110
11.0100	8.3715	2	111
11.1100	8.1390	2	112
11.2100	7.9026	2	113
11.3100	7.6653	2	114
11.4100	7.4278	2	115
11.5100	7.1910	2	116
11.6100	6.9550	2	117
11.7100	6.7229	2	118
11.8100	6.4932	2	119
11.9100	6.2674	2	120
12.0100	6.0461	2	121
12.1100	5.8300	2	122
12.2100	5.6198	2	123
12.3100	5.4159	2	124
12.4100	5.2187	2	125
12.5100	5.0287	2	126
12.6100	4.8462	2	127
12.7100	4.6714	2	128
12.8100	4.5044	2	129
12.9100	4.3455	2	130
13.0100	4.1946	2	131
13.1100	4.0517	2	132
13.2100	3.9168	2	133
13.3100	3.7897	2	134
13.4100	3.6703	2	135
13.5100	3.5583	2	136
13.6100	3.4535	2	137
13.7100	3.3556	2	138
13.8100	3.2643	2	139
13.9100	3.1791	2	140
14.0100	3.1002	2	141
14.1100	3.0266	2	142
14.2100	2.9583	2	143
14.3100	2.8948	2	144
14.4100	2.8357	2	145
14.5100	2.7807	2	146
14.6100	2.7295	2	147
14.7100	2.6816	2	148
14.8100	2.6368	2	149
14.9100	2.5947	2	150
15.0100	2.5551	2	151
15.1100	2.5176	2	152
15.2100	2.4820	2	153
15.3100	2.4480	2	154
15.4100	2.4154	2	155
15.5100	2.3840	2	156
15.6100	2.3536	2	157
15.7100	2.3240	2	158
15.8100	2.2950	2	159
15.9100	2.2666	2	160
16.0100	2.2386	2	161
16.1100	2.2108	2	162
16.2100	2.1832	2	163
16.3100	2.1558	2	164
16.4100	2.1284	2	165
16.5100	2.1010	2	166
16.6100	2.0735	2	167
16.7100	2.0459	2	168
16.8100	2.0182	2	169
16.9100	1.9904	2	170

17.0100	1.9624	2	171
17.1100	1.9343	2	172
17.2100	1.9060	2	173
17.3100	1.8776	2	174
17.4100	1.8490	2	175
17.5100	1.8203	2	176
17.6100	1.7915	2	177
17.7100	1.7625	2	178
17.8100	1.7335	2	179
17.9100	1.7044	2	180
18.0100	1.6753	2	181
18.1100	1.6461	2	182
18.2100	1.6170	2	183
18.3100	1.5879	2	184
18.4100	1.5588	2	185
18.5100	1.5298	2	186
18.6100	1.5009	2	187
18.7100	1.4720	2	188
18.8100	1.4434	2	189
18.9100	1.4149	2	190
19.0100	1.3865	2	191
19.1100	1.3584	2	192
19.2100	1.3305	2	193
19.3100	1.3028	2	194
19.4100	1.2753	2	195
19.5100	1.2482	2	196
19.6100	1.2213	2	197
19.7100	1.1948	2	198
19.8100	1.1685	2	199
19.9100	1.1427	2	200
20.0100	1.1171	2	201
20.1100	1.0920	2	202
20.2100	1.0672	2	203
20.3100	1.0428	2	204
20.4100	1.0188	2	205
20.5100	0.9952	2	206
20.6100	0.9720	2	207
20.7100	0.9493	2	208
20.8100	0.9270	2	209
20.9100	0.9051	2	210
21.0100	0.8837	2	211
21.1100	0.8628	2	212
21.2100	0.8423	2	213
21.3100	0.8222	2	214
21.4100	0.8026	2	215
21.5100	0.7835	2	216
21.6100	0.7649	2	217
21.7100	0.7467	2	218
21.8100	0.7290	2	219
21.9100	0.7117	2	220
22.0100	0.6949	2	221
22.1100	0.6785	2	222
22.2100	0.6626	2	223
22.3100	0.6471	2	224
22.4100	0.6321	2	225
22.5100	0.6175	2	226
22.6100	0.6033	2	227
22.7100	0.5895	2	228
22.8100	0.5762	2	229
22.9100	0.5632	2	230
23.0100	0.5506	2	231
23.1100	0.5384	2	232
23.2100	0.5266	2	233
23.3100	0.5151	2	234
23.4100	0.5040	2	235
23.5100	0.4932	2	236
23.6100	0.4827	2	237
23.7100	0.4726	2	238
23.8100	0.4628	2	239
23.9100	0.4532	2	240
24.0100	0.4439	2	241
24.1100	0.4349	2	242
24.2100	0.4262	2	243
24.3100	0.4177	2	244
24.4100	0.4095	2	245
24.5100	0.4014	2	246
24.6100	0.3936	2	247
24.7100	0.3860	2	248
24.8100	0.3786	2	249
24.9100	0.3714	2	250
25.0100	0.3644	2	251
25.1100	0.3575	2	252
25.2100	0.3508	2	253
25.3100	0.3442	2	254
25.4100	0.3378	2	255

- A.10 -

25.5100	0.3315	2	256
25.6100	0.3254	2	257
25.7100	0.3194	2	258
25.8100	0.3135	2	259
25.9100	0.3077	2	260
26.0100	0.3020	2	261
26.1100	0.2964	2	262
26.2100	0.2909	2	263
26.3100	0.2855	2	264
26.4100	0.2802	2	265
26.5100	0.2750	2	266
26.6100	0.2699	2	267
26.7100	0.2648	2	268
26.8100	0.2598	2	269
26.9100	0.2549	2	270
27.0100	0.2501	2	271
27.1100	0.2453	2	272
27.2100	0.2406	2	273
27.3100	0.2360	2	274
27.4100	0.2314	2	275
27.5100	0.2269	2	276
27.6100	0.2223	2	277
27.7100	0.2181	2	278
27.8100	0.2141	2	279

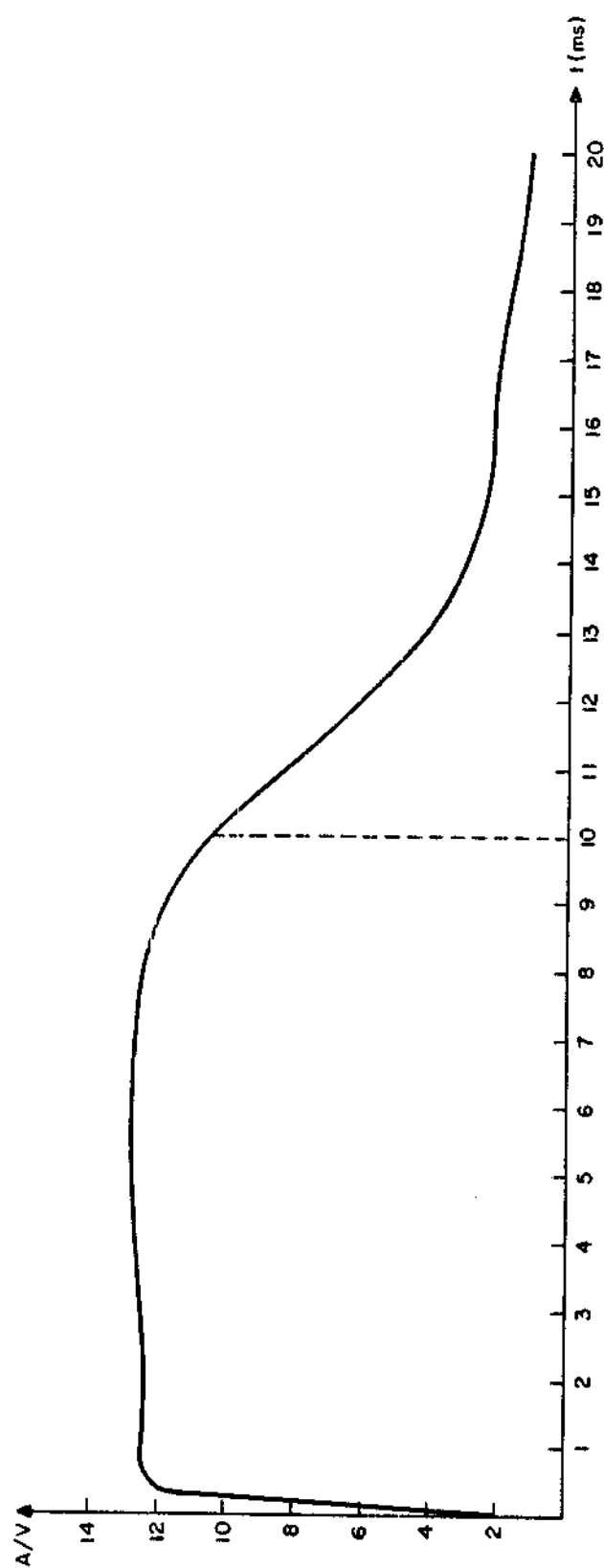


Fig. A.1 - Corrente de plasma versus tempo obtida com a simulação numérica.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

PROPOSTA PARA
PUBLICAÇÃO

- ☐ DISSERTAÇÃO
☐ TESE
☒ RELATÓRIO
☐ OUTROS

TÍTULO

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM CIRCUITO FORMADOR DE PULSO PARA A CENTRÍFUGA DE PLASMA

IDENTIFICAÇÃO

AUTOR(ES)

R. S. Dallaqua
E. Del Bosco
G. O. Ludwig
A. Montes

ORIENTADOR

CO-ORIENTADOR

DISS. OU TESE

LIMITE

DEFESA

CURSO

ORGAO

DIVULGAÇÃO

☒ EXTERNA ☐ INTERNA ☐ RESTRITA

EVENTO/MEIO

☐ CONGRESSO ☐ REVISTA ☐ OUTROS

NOME DO REVISOR

José Osvaldo Rossi

NOME DO RESPONSÁVEL

GERSON OTTO LUDWIG

REV. TÉCNICA

RECEBIDO

DEVOLVIDO

ASSINATURA

1/1/

1/1/

[Assinatura]

APROVADO

DATA

ASSINATURA

☒ SIM
☐ NÃO

6/6/90

[Assinatura]

APROVAÇÃO

REV. LINGUAGEM

Nº

PRIOR.

RECEBIDO

NOME DO REVISOR

34

1

21/5/90

Maurício Prado Cavallero

PÁG.

DEVOLVIDO

ASSINATURA

28

21/5/90

Maurício P. Cavallero

OS AUTORES DEVEM MENCIONAR NO VERSO INSTRUÇÕES ESPECÍFICAS, ANEXANDO NORMAS, SE HOUVER

RECEBIDO

DEVOLVIDO

NOME DA DATILÓGRAFA

1/1/

1/1/

DATILÓGRAFA

Nº DA PUBLICAÇÃO:

PÁG.:

CÓPIAS:

Nº DISCO:

LOCAL:

☐ SIM

☐ NÃO

AUTORIZO A PUBLICAÇÃO

1/1/

DIRETOR

OBSERVAÇÕES E NOTAS