

UNESP
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

Guaratinguetá

1996



***“Compostos Químicos Gerados
por Descargas Elétricas em
Atmosfera Planetária Simulada:
O Caso de Titan”***

LUIZ FERNANDO COSTA NASCIMENTO

55



LUIZ FERNANDO COSTA NASCIMENTO

**“ COMPOSTOS QUÍMICOS GERADOS POR
DESCARGAS ELÉTRICAS EM ATMOSFERA
PLANETÁRIA SIMULADA :
O CASO DE TITAN”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da
Universidade Estadual Paulista , Campus de Guaratinguetá,
para obtenção do título de Mestre em Física .

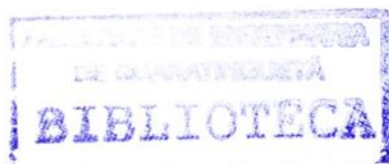
Orientador : Prof. Dr. Rogério Pinto Mota.

363

363



UNESP - Campus de Guaratinguetá
Agosto de 1996



**"COMPOSTOS QUÍMICOS GERADOS POR DESCARGAS ELÉTRICAS EM
ATMOSFERA PLANETÁRIA SIMULADA: O CASO DE TITAN"**

LUIZ FERNANDO COSTA NASCIMENTO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM FÍSICA"

ESPECIALIDADE: FÍSICA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FÍSICA DE PLASMAS

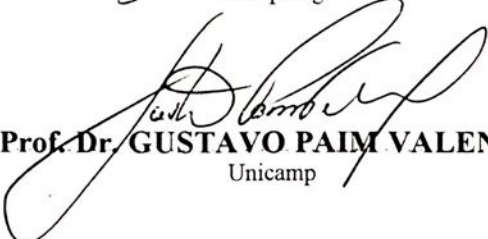
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. Mauricio Antonio Algatti
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

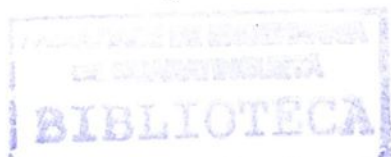

Prof. Dr. ROGÉRIO PINTO MOTA
Orientador - Unesp/Feg


Prof. Dr. ROBERTO YZUMI HONDA
Unesp/Feg


Prof. Dr. GUSTAVO PAIM VALENÇA
Unicamp

T 533.9... 35(043)
N2440

Agosto de 1996



**“COMPOSTOS QUÍMICOS GERADOS POR
DESCARGAS ELÉTRICAS EM ATMOSFERA
PLANETÁRIA SIMULADA :
O CASO DE TITAN”**

LUIZ FERNANDO COSTA NASCIMENTO



DADOS CURRICULARES
LUIZ FERNANDO COSTA NASCIMENTO

NASCIMENTO : 10.01.47 - GUARATINGUETÁ - SP

FILIAÇÃO : Fernando José Nascimento
Iracema Costa Nascimento

1966/1971 : Curso de Graduação
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

1985/1988 : Curso de Graduação
Habilitação em Matemática
Faculdade Salesiana de Filosofia, Ciências e Letras de Lorena

1989/1993 : Curso de Graduação
Licenciatura em Física
Universidade Estadual Paulista, Campus de Guaratinguetá

1994/1996 : Curso de Pós-Graduação em Física de Plasma, nível de Mestrado,
na Universidade Estadual Paulista, Campus de Guaratinguetá

1994/1996 : Professor do Departamento de Ciências da Faculdade Salesiana
de Filosofia, Ciências e Letras de Lorena

1980/1996 : Médico do Ministério da Saúde

1993/ 1996 : Médico da UNESP - Campus de Guaratinguetá



Aos meus pais, que me deram a Vida.

A Rosa, Gabriela, Felipe e Pedro,
razões desta minha Vida.



AGRADECIMENTOS

Quero tornar público meus mais sinceros agradecimentos as muitas pessoas que ao longo destes anos contribuíram diretamente na confecção deste trabalho.

À memória do Professor José Carlos da Costa Maia, da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, com quem tive meu primeiro contato com a pesquisa.

Aos colegas da Astrofísica do INPE de São José dos Campos, com quem convivi durante quase quatro anos.

Aos Professores João Braga, William Vilas Boas e Thyrso Villela Neto do INPE, pelo muito que me ensinaram e por despertar em mim mais alegria em trabalhar com Astrofísica. Ao Thyrso em especial, mais que professor.

A Cidinha, da Biblioteca do INPE de Cachoeira Paulista, pelas revistas e livros que me trazia, em seu nome, de São José.

Ao Professor João Andrade de Carvalho Jr, do INPE de C. Paulista, um amigo acima de tudo, que muito me ouviu no começo deste trabalho e que muito me incentivou.

Ao Professor Gustavo Valença, hoje na UNICAMP, mas que começou comigo este trabalho, ainda no INPE de C. Paulista, pelo apoio e “espectros”.

Ao Professor Roberto Honda, do nosso grupo pelas discussões, orientações e medidas.

Aos funcionários Galhardo e Fátima do nosso laboratório por toda ajuda passada, presente e principalmente futura.

Aos alunos da Graduação, Christian e especialmente Bortoletto o meu enorme muito obrigado pelo trabalho que dei.

Ao Teixeira (pai) pelo impulso inicial e pelas dicas, até mesmo pelo telefone.

Aos colegas da Pós pela torcida.

A minha irmã Maria Ângela, pela correções do meu português.

Um agradecimento comovido ao meu orientador Rogério que acreditou na possibilidade de realização deste trabalho em nosso Campus desde o início, e também por toda ajuda durante meu Mestrado. Fica desculpado então, por sua pressa e agitação.

A Deus que me deu a oportunidade de conviver com pessoas maravilhosas, ter contato com temas fascinantes e, acima de tudo, realizar meus sonhos.



... Viver e não ter a vergonha de ser feliz;
Cantar , e cantar, e cantar a beleza de ser um eterno aprendiz...

(do poeta Gonzaguinha)



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

2. CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

2.1 Descargas Elétricas e o Polímero à Plasma

2.2 Composição e Estrutura Molecular

2.2.1 Espectroscopia Infravermelho

2.2.2 Espectroscopia de Massa

2.3 Espectroscopia de Óptica de Emissão Actinométrica

2.4 Sonda de Langmuir; Medidas Elétricas do Plasma

2.5 O Satélite Titan

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1 Sistema Experimental

3.1.1 O Reator

3.1.2 Detecção Óptica das Descargas

3.1.3 Detecção Elétrica das Descargas

3.2 Equipamentos Usados na Caracterização da Estrutura Molecular
e do Sub-Produto Depositado

3.3 Gases

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Espécies Químicas Geradas pelo Plasma

4.2 Temperaturas e Densidades Eletrônicas

4.3 Estrutura Molecular e Composição Química do Sub-Produto Gerado pelo Plasma de N_2 / CH_4 / H_2O

4.3.1 Estrutura Molecular

4.3.2 Composição Química do Sub-Produto

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APÊNDICES

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama esquemático das reações de crescimento na polimerização a Plasma.....	21
Figura 2.2 Curva característica I x V da sonda	29
Figura 3.1 Sistema Experimental - diagrama esquemático	37
Figura 3.2 Fotografia da descarga de $N_2 / CH_4 / H_2O$	38
Figura 3.3 Sistema de detecção óptica - diagrama esquemático	39
Figura 3.4 Sistema de detecção elétrica - diagrama esquemático	40
Figura 4.1 Dependência da intensidade de emissão do argônio em função da pressão A potência acoplada na descarga foi constante em 25W ; $\lambda = 4300 \text{ \AA}$	46
Figura 4.2 Tendência do comportamento da variação relativa da espécie química NH , em função da pressão. A potência acoplada na descarga foi mantida constante em 25W.....	49
Figura 4.3 Tendência do comportamento da variação relativa da espécie química CH , em função da pressão. A potência acoplada na descarga foi mantida constante em 25W.....	50
Figura 4.4 Tendência do comportamento da variação relativa da espécie química OH , em função da pressão. A potência acoplada na descarga foi mantida constante em 25W.....	51
Figura 4.5 Tendência do comportamento da variação relativa da espécie química CN , em função da pressão. A potência acoplada na descarga foi mantida constante em 25W.....	52
Figura 4.6 Dependência da temperatura eletrônica com a pressão total da mistura de $N_2 CH_4 / H_2O$, mantida a potência constante de 25 W.....	53

Figura 4.7 Dependência da densidade eletrônica com a pressão total da mistura de N_2 CH_4 / H_2 O , mantida a potência constante de 25 W.....	54
Figura 4.8 Espectro infravermelho característico do sub-produto sólido gerado a partir das reações químicas no plasma de N_2 CH_4 / H_2 O	57
Figura 4.9 Fotografia do sub-produto depositado nas paredes do reator.....	59
Figura 4.10 Espectro de Massa do sub-produto depositado a plasma.....	60
Figura 4.11 Estrutura molecular provável para o etileno polimerizado a plasma.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Energias típicas de ligação.....	19
Tabela 2.2	Energias de ionização de algumas moléculas.....	20
Tabela 2.3	Composição atmosférica de Titan.....	31
Tabela 2.4	Características de Titan.....	32
Tabela 4.1	Comprimentos de onda emitidos pelas principais espécies químicas observadas.....	45
Tabela 4.2	Principais compostos e respectivos pesos moleculares observados na Espectroscopia de Massa.....	62



Capítulo 1

INTRODUÇÃO

O estudo de atmosferas planetárias envolve áreas muito diversas do conhecimento científico e com interesses os mais variados. Das áreas mais claramente envolvidas podem se destacar: a Química, que explica as reações envolvendo as espécies químicas que ocorrem na atmosfera; a Física, especialmente a Física de Plasmas, que estuda os efeitos das descargas elétricas gerando plasmas frios, que propiciariam o aparecimento da síntese de compostos de importância para a evolução planetária; a Biologia, que através da composição da atmosfera planetária e das reações que ali ocorrem, pode estudar o aparecimento de organismos vivos. (Sagan et al, 1992, Miller, 1953. Lederberg, 1960, Miller, 1955)

Trabalhos simulando atmosferas planetárias surgiram na década de 1950 com o clássico trabalho de S. Miller, que estudou o aparecimento de amino ácidos num ambiente semelhante à Terra primitiva, quando utilizava descargas elétricas (Miller, 1953). O primeiro trabalho simulando atmosfera de outro planeta foi realizado por Sagan e Miller (1960), usando uma mistura de H_2 / CH_4 / NH_3 nas proporções de 10:1:0.3, usando centelhamento em bobina de Tesla a temperaturas de 300 K e pressão de 1 bar, tal como seriam as regiões mais profundas e inacessíveis à observação da atmosfera de Júpiter, obtendo



hidrocarbonetos insaturados como C_2H_2 , C_2H_4 e saturados como C_2H_6 e nitrilas como HCN e CH_3CN .

A produção de compostos orgânicos por plasma tem interesse no estudo de atmosferas planetárias, onde relâmpagos e impacto de planetesimais causam rápido aquecimento dos gases da atmosfera, levando a formação de plasma, a baixas temperaturas, que inicia a transformação de gases simples em compostos orgânicos complexos como HCN, C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 e C_3H_8 (Scattergood, 1989).

Capone et al (1981), baseados em dados da Voyager 1, propõem a formação de moléculas complexas como etilcianida, vinilcianida e cianoacetileno que poderiam ser sintetizadas eficientemente na baixa atmosfera de Titan, o maior dos dezessete satélites de Saturno.

Os relâmpagos, embora não tenham sido observados na atmosfera de Titan, visto que ela é densa e de cor alaranjada, podem ocorrer em decorrência da presença de vapores condensados e da deposição de significativa quantidade de energia solar na sua superfície . Mesmo com energia de dissipação menor que na Terra (pois o fluxo solar é menor e existe a absorção da luz solar pelo aerosol em suspensão na atmosfera), pode levar à produção de HCN e C_2H_2 , em menor quantidade que quando produzidos por elétrons precipitados e raios cósmicos galáticos (Borucki et al, 1984).

Thompson et al (1991), analisando em laboratório descargas elétricas em mistura de CH_4 e N_2 nas concentrações 10:90 % repectivamente e sob pressões de 17 e 0,24 mbar, descargas estas que simulavam reações químicas desencadeadas por raios cósmicos na troposfera de Titan e por elétrons da magnetosfera de Saturno, obtiveram vários compostos hidrocarbonados, incluindo várias nitrilas.

McDonald et al (1994), simulando as condições de irradiação pelo vento solar e de partículas carregadas da magnetosfera de Saturno e Netuno, obtiveram um

precipitado rico em produtos orgânicos que, sob hidrólise ácida, fornecia dentre outros compostos, amino ácidos.

Considerando a importância desta área de pesquisa, este trabalho visou os seguintes objetivos :

- 1- Simular efeitos de uma descarga pulsada em uma atmosfera gasosa, utilizando uma descarga contínua.
- 2- Investigar a tendência do comportamento das diversas espécies químicas geradas numa atmosfera de $N_2 / CH_4 / H_2 O$, para diferentes pressões o que corresponde a diferentes altitudes.
- 3- Estudar o comportamento das temperaturas e densidades eletrônicas provenientes das descargas na atmosfera de $N_2 / CH_4 / H_2 O$.
- 4- Investigar a estrutura molecular e os compostos químicos provenientes da ação das descargas elétricas contínuas na atmosfera de $N_2 / CH_4 / H_2 O$.

Procurou-se a investigação dos objetivos acima em função da variação de pressão, com a finalidade de se obterem resultados que pudessem representar diferentes altitudes tal qual a composição de uma atmosfera planetária (Lellouch, 1990).

Capítulo 2

2 . CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

2 . 1 DESCARGAS ELÉTRICAS E O POLÍMERO A PLASMA

O termo Plasma descreve o estado de um gás ou vapor ionizados que consiste principalmente de átomos e moléculas carregadas positivamente e elétrons. Temperaturas da ordem de 10000 K que ocorrem na atmosfera solar ou de até 60000 K nas estrelas do tipo espectral O, ionizam as moléculas e átomos formando um gás de plasma. No interior estelar as temperaturas são da ordem de 10^7 K ou maiores (Clayton, 1968). São os chamados plasmas quentes. Por outro lado, descargas elétricas luminescentes (*glow discharge*) geram os chamados plasmas frios (Chapman, 1980), cujas temperaturas eletrônicas são normalmente menores que 4 eV, onde 1 eV corresponde a 11.600 K.

As Descargas Elétricas em gases são descritas como o fluxo de corrente elétrica através do gás . As primeiras observações de descargas em gás, foram feitas durante experimentos eletrostáticos ainda no século XVII. No século XVIII as centelhas elétricas já eram melhor estudadas a partir dos trabalhos de B. Franklin com relâmpagos. No começo do século XIX foi descrito o arco elétrico com a aproximação e contato de 2 eletrodos ligados a uma bateria e também Faraday iniciava as descargas em ambientes com baixa pressão.



As descargas elétricas podem ser classificadas de acordo com a corrente que transportam, a saber:

- **Descarga Escura** ou “**Townsend**” - Transporta uma corrente até 10^{-6} A; é invisível devido à pequena densidade de átomos excitados que emitem luz visível; não são auto-sustentáveis e necessitam de meios externos para prover a ionização do gás; estes meios podem ser luz UV, raios X e Cósmicos.

-**Descarga em Arco** -Transporta corrente maior que 10^{-1} A ; pode ocorrer em baixas pressões e pressões próximas a da atmosférica. É intensamente luminosa e em muitos casos dá origem à turbulência. (Howatson,1976)

-**Descargas Luminescente** ou “**Glow Discharge**” - Transporta uma corrente de 10^{-6} A a 10^{-1} A; é uma descarga auto-sustentável que é caracterizada por zonas luminosas e normalmente ocorre a baixas pressões. Esta descarga pode ser obtida através da passagem de uma corrente gerada por uma fonte de tensão contínua (CC) em um gás ou vapor mantidos a baixa pressão. A multiplicação elétrica é devida a um aumento na energia dos elétrons primários que se movem num campo, até ganharem suficiente energia para ionizarem as moléculas do gás e colidirem com novos elétrons.

As descargas luminescentes em gases ou vapores orgânicos, têm papel importante na obtenção de polímeros, produzindo materiais poliméricos diferentes daqueles obtidos pelos processos químicos convencionais (Shirakawa e Ikeda, 1971; Fracassi et al, 1993; Ebihara, 1993) mas desde a década de '30 sabe-se que plasmas de gases orgânicos formam depósitos sólidos (Harkins e Jakson, 1933) . Na década de '60 pelos trabalhos de Goodman (1960) esta técnica foi reconhecida como modo de sintetizar polímeros sendo mais

tarde chamada, “**Polimerização a Plasma**”. Ela permite a formação de compostos na forma especialmente de pó e de filmes finos, que podem apresentar várias aplicações de interesse tecnológicos tais como litografia de circuitos integrados (Hori et al, 1988) membranas permeo-seletivas (Osada e Takase, 1985) e tratamento anticorrosivo de superfície (Schreiber et al, 1980) (Mota 1995).

Estes polímeros apresentam a peculiaridade de serem insolúveis em ácidos e bases, sendo ainda bem aderentes a diversos tipos de substratos e apresentam estruturas altamente ramificadas e entrelaçadas. Suas propriedades físicas e químicas dependem fundamentalmente do monômero, das condições de pressão, fluxo do gás e da potência da descarga elétrica.

Num plasma de descarga luminescente, que é um plasma de baixa temperatura, a distribuição de velocidade dos elétrons é Maxwelliana. Os elétrons poderão quebrar ligações químicas nas moléculas orgânicas, gerando espécies quimicamente ativas que poderão iniciar um processo de reações. As tabelas 1 e 2 nos fornecem as energias de ligação e o potencial de ionização de algumas moléculas utilizadas como monômeros na polimerização a plasma.

Assim que o plasma é gerado, após a fragmentação do monômero, ocorrem complexos mecanismos químicos que produzem radicais livres, espécies ionizadas e outros sub-produtos que participam da polimerização que após recombinação, produzem o polímero.



TABELA 1

LIGAÇÃO	ENERGIA DE LIGAÇÃO (eV)
C - C	3,61
C = C	6,36
C - H	4,30
C-N	3,17
C = N	9,26
C - O	3,74
C = O	7,78
C - F	5,35
C - Cl	3,52
N - H	4,04
O - H	4,83
O - O	1,52

Energias típicas de ligação (YASUDA, 1985)

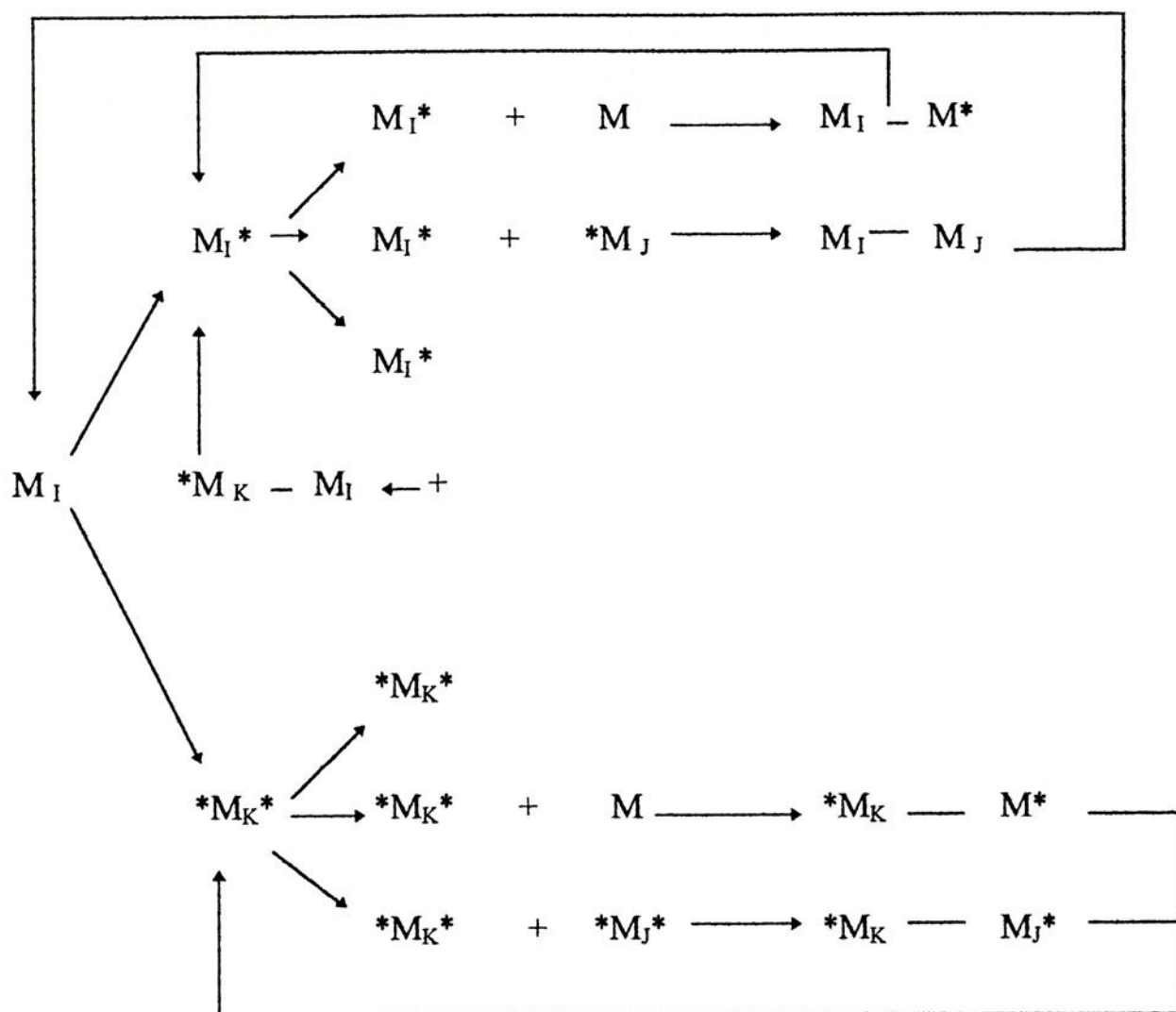
Tabela 2.2

MOLÉCULA	ENERGIA DE IONIZAÇÃO (eV)
H ₂	15,6
N ₂	15,5
O ₂	12,5
CH ₄	12,6
C ₂ H ₂	11,4
C ₂ H ₄	10,5
C ₃ H ₆	11,5

Energias de ionização de algumas moléculas (YASUDA,1985)

O crescimento das cadeias, que pode ocorrer através de várias etapas de reações químicas, é mostrada na Figura 2 . 1 , onde M refere-se a espécies neutras que podem ser a molécula do monômero ou qualquer produto resultante da dissociação.

CICLO I



CICLO II

Figura 2.1 Diagrama esquemático das reações de crescimento na polimerização a plasma (Yasuda, 1985)

As espécies ativadas capazes de participar das reações químicas que permitem a criação de ligações covalentes são especificadas como M^* e $*M^*$, espécies mono e difuncionais. Os índices I, J, K indicam a diferença dos tamanhos das espécies envolvidas.

Nesta figura vê-se que a polimerização na fase gasosa do plasma apresenta 2 caminhos em que ocorrem as etapas de reações de crescimento. O ciclo I, corresponde a

repetidas ativações dos produtos de reações de espécies monofuncionais ativadas e o ciclo II corresponde às espécies ativadas difuncionais ou multifuncionais observadas em plasma de compostos orgânicos (Yasuda, 1985).



2. 2 COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA MOLECULAR

Dentre as várias formas de se estudar a estrutura molecular e os elementos componentes dos sub-produtos polimerizados pelo plasma, empregam-se especialmente as Espectroscopias Infravermelha e de Massa.

2. 2. 1 Espectroscopia Infravermelha

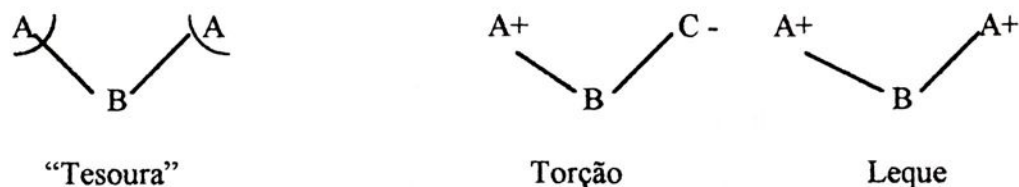
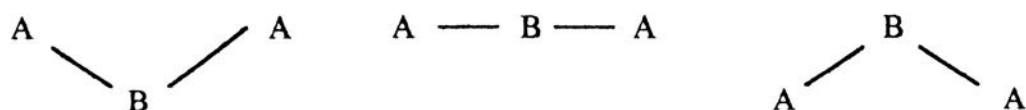
Na natureza as moléculas estão em constante estado vibracional, em decorrência do contínuo estado de vibração dos seus átomos constituintes. Cada molécula tem seu próprio conjunto de frequências vibracionais. Estas frequências vibracionais ocorrem em vários comprimentos de onda compreendidos na região infravermelha do espectro eletromagnético. A região fundamental é a que está compreendida entre 2,0 e 25 μm , ou em número de ondas por centímetro, a 5000 cm^{-1} até 400 cm^{-1} .

Cada vibração pode ser relacionada com uma banda de absorção que terá como característica seu número de ondas e sua intensidade. O motivo é que estas vibrações se alteram em decorrência da absorção da luz infravermelha, ocorrendo o fenômeno de ressonância entre a luz incidente e o grupo em estudo, tal qual um sistema massa-mola.

As vibrações funcionais dos grupos moleculares, podem ser do tipo “deformação” ou “esticamento” que por sua vez pode ser simétrico ou assimétrico.

A deformação ocorre do seguinte modo:

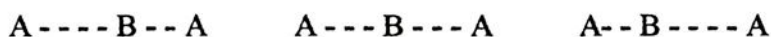




O esticamento simétrico ocorre da maneira abaixo :



O assimétrico é da maneira abaixo:



Onde A, B e C, são átomos do composto em questão.

Tal qual o espectro de massa, o espectro Infravermelho é uma característica de cada composto orgânico, podendo estabelecer a identidade de 2 compostos e revelar a estrutura de um novo composto. Cada grupo de átomos tem bandas características de absorção, isto significa que eles absorvem em bandas fixas independente do composto ao qual pertençam constituindo a Espectroscopia Infravermelha um poderoso método de se estudarem as estruturas moleculares. (Morrison e Boyd, 1973).

2. 2. 2 Espectroscopia de Massa

Um espectro de massa é o registro do resultado do bombardeamento de um composto por um feixe de elétrons; este composto é quebrado em vários fragmentos alguns dos quais são íons positivos que são separados em função da razão massa / carga.

O feixe eletrônico consiste em elétrons energéticos, com energia da ordem de dezenas de eletrons-volt . O evento mais simples que pode ocorrer na fase gasosa, é a retirada de um elétron da molécula, formando um íon molecular que é um radical cátion. Muitos destes íons moleculares se desintegram entre 10^{-10} a 10^{-3} s, mas se permanecem intatos pôr um tempo suficientemente longo para ser detectado, um pico principal é registrado. Isto fornece diretamente o peso molecular do composto. Esta medida assim obtida é o valor inteiro mais próximo do peso molecular real. O pico mais intenso do espectro é chamado pico base; ele é o pico de massa mais alta, excetuando-se os isótopos. (Silverstein, Bassler e Morrill, 1979, cap. 2)



2.3 Espectroscopia Óptica de Emissão Actinométrica (EOEA)

A EOEA é uma técnica bastante poderosa para investigar a tendência do comportamento de espécies químicas geradas num plasma de polimerização; ela não interfere na descarga, já que ela não funciona como uma sonda intrusa no plasma. Esta técnica permite determinar a variação nas concentrações das espécies reativas em função de parâmetros do plasma como pressão, potência aplicada, etc.

Esta técnica foi desenvolvida por Coburn e Chen (1980) e consiste em se adicionar ao plasma em estudo uma pequena quantidade de um gás não reativo, como hélio ou argônio, chamado de *actinômetro*, em proporções que não modifiquem as características da descarga. Faz-se, em seguida, o acompanhamento das emissões do actinômetro concomitantemente com aquelas das espécies que se quer estudar.

No método actinométrico a concentração da espécie de interesse se relaciona com a concentração do actinômetro, desde que satisfaça o seguinte :

- o processo principal de fragmentação ocorre por impacto direto de elétrons;
- o estado excitado responsável por uma emissão óptica do actinômetro apresente um limiar de energia próximo ao do nível responsável pela linha de emissão da espécie a ser analisada. Isto implica que o mesmo grupo de elétrons será responsável pela excitação de ambos os níveis. Assim, as eficiências de excitação do actinômetro e da espécie em estudo terão dependência similar. Dessa forma, a concentração da espécie analisada poderá ser

determinada, combinando sua intensidade de emissão, com a eficiência de excitação do actinômetro.

Podemos equacionar o método da forma abaixo:

$$I_x = k_x n_x \eta_x \quad (2.3.1)$$

$$I_{Ac} = k_{Ac} n_{Ac} \eta_{Ac} \quad (2.3.2)$$

em que I_{Ac} é a intensidade de emissão óptica do actinômetro, k_{Ac} constante de proporcionalidade, n_{Ac} é a densidade do Actinômetro e η_{Ac} é a eficiência de excitação da espécie por impactos eletrônicos a partir do estado fundamental e da mesma forma, para a espécie x . Fazendo-se a razão entre (2.3.1) e (2.3.2) e levando-se em conta que $\eta_x \cong \eta_{Ac}$ chega-se a :

$$n_x / n_{Ac} = K I_x / I_{Ac} \quad (2.3.3)$$

Como conhecemos n_{Ac} podemos conhecer o comportamento de n_x a partir das determinações de I_x e I_{Ac} , sendo K uma constante.

2.4 MEDIDAS ELÉTRICAS DO PLASMA;

SONDA DE LANGMUIR

Esta técnica consiste na introdução de uma pequena sonda no interior do plasma e observar a corrente da sonda em função da diferença de voltagem entre o eletrodo e uma referência. Com a introdução desta sonda, ela é bombardeada por íons e elétrons. Estes se acumulam ao redor da sonda em virtude de sua menor massa quando comparada à massa dos íons.

Deste acúmulo se origina um campo elétrico que desacelera os elétrons e acelera os íons até que o fluxo final de cargas na sonda seja nulo. A sonda adquire um potencial chamado “potencial flutuante” (V_F). Se aplicamos um potencial V_S na sonda, potencial este menor que V_F , surge uma corrente I_S devida somente aos íons, com a sonda polarizada negativamente em relação ao Plasma (região C_1).

Com o aumento da tensão, V_S , elétrons mais energéticos vencem a barreira de potencial e alcançam a sonda (região C_2), até que em determinado momento os fluxos de íons e elétrons se igualem. Daí em diante a quantidade de elétrons que chegam à sonda obedece uma variação exponencial representada na Figura 2.2 pela região compreendida entre V_S e V_P , em que V_P é o potencial do Plasma. Quando $V_S > V_P$ os íons são repelidos e os elétrons acelerados, com pequena variação da corrente de elétrons, quando se aumenta a tensão. Esta é a região conhecida como “região de saturação de elétrons”, representada pela região A na mesma Figura 2.2.

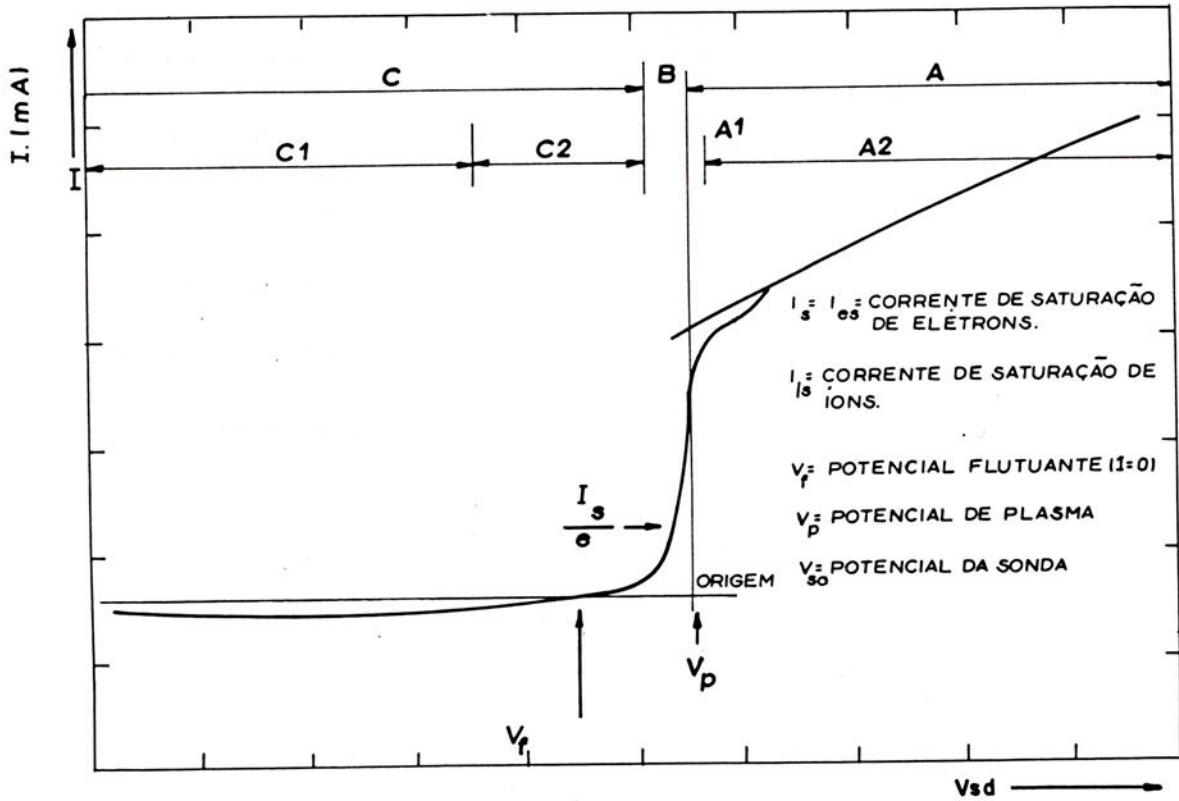


Figura 2.2 Curva característica $I \times V$ da sonda

Definem-se alguns parâmetros do plasma, a saber:

(A) Corrente de elétrons $I(V)$ que é o resultado de colisões de partículas com a sonda. Este parâmetro é, para uma sonda plana colocada no plano yz , na região entre V_F e V_p da sua curva $I \times V$ característica, representado por:

$$I(V) = n e A \int_{v_{min}}^{\infty} dv_x v_x \left(\frac{2\pi k T_e}{m_e} \right)^{-1/2} \exp \left(\frac{-m_e v_x^2}{2k T_e} \right) \quad (2.4.1)$$

em que :

m_e : massa do elétron

e : carga do elétron

k : constante de Boltzmann

T_e : temperatura eletrônica

A : Área total da sonda

v_x : velocidade na direção x

(B) Temperatura dos elétrons, por :

$$\frac{d \ln|I|}{dV} = \frac{e}{kT_e} \quad (2.4.2)$$

A Densidade Eletrônica é obtida a partir da condição de bainha espessa não colisional (Bartelga, 1996), calculada a partir da região linear $I^2 \times V$, característica da sonda cujo coeficiente angular é dado por :

$$s = \frac{2A^2}{\pi^2 m_e} e^3 n^2 \quad (2.4.3)$$

2.5 O SATÉLITE TITAN

Titan é o maior satélite de Saturno e é o segundo em tamanho no Sistema Solar suplantado somente por Ganimedes, satélite de Júpiter, sendo maior que o planeta Mercúrio. É o único corpo no Sistema Solar, além da Terra, que apresenta uma atmosfera densa, cuja composição básica é N_2 e CH_4 conforme Tabela 2.3 (Hunten et al, 1988).

TABELA 2.3

GAS	FRAÇÃO
N_2	0,65 - 0,98
Ar	0 - 0,25
CH_4	0,02 - 0,10
H_2	2×10^{-3}
CO	$0,6 - 1,5 \times 10^{-4}$
C_2H_6	2×10^{-5}

Composição atmosférica de Titan (Hunten, 1988)

A presença de CH_4 foi determinada por Kuiper em 1944 (Kuiper, 1944). Os dados sobre Titan foram obtidos pelas naves Voyager 1 e 2 no início da década de

1980, através dos detetores “Infrared interferometer spectrometer” (IRIS) e “Ultraviolet Spectrometer” (UVS) , sendo impossível a visualização da superfície em virtude de uma densa camada de névoa de cor alaranjada que a recobre (Smith et al,1981).

As características de Titan estão listadas na Tabela 2.4 (Hunten et al, 1988) .

TABELA 2. 4

Raio	2575 km
Massa	$1,346 \times 10^{26}$ g
Gravidade	135 cm s^{-2}
Distância de Saturno	$1,226 \times 10^6$ km
Temperatura:	
a) Superfície	94 K
b) Estratopausa (200 km)	170 K
Fluxo Solar	1,1 % Terra
Pressão na Superfície	1950 ± 30 Torr

Características de Titan (Hunten et al, 1988)

A partir da provável composição da atmosfera de Titan, apresentada na tabela 3, observamos a presença de CO_2 que foi captada pela emissão de suas linhas pelo

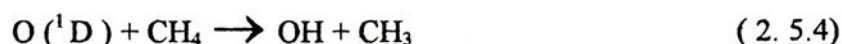
IRIS, em 667 cm^{-1} ; um dos caminhos prováveis de formação de CO_2 segundo Samuelson et al (1983) é dado pela sequência de reações a seguir :



onde o radical OH provem de :



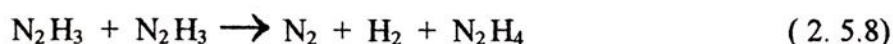
e também de



onde $\text{O} (^1\text{D})$ é o estado excitado do Oxigênio e $h\nu$ é a energia de um fóton. As fontes de H_2O seriam os meteoritos e gelo provenientes dos anéis de Saturno e o CO foi detetado por Lutz (Lutz et al, 1983).

Nitrogênio pode ser originado segundo 2 fontes possíveis a saber: ou é produto da fotodissociação da amônia (NH_3) ou deve ser primordial.

No primeiro caso teria de se postular um efeito estufa para o aquecimento até 150 K que é a pressão de vapor da amônia (Strobel, 1982)); as reações seriam :



Outra possibilidade seria a captura diretamente em gelos que formaram o satélite, que estariam presentes no ambiente da nebulosa proto-saturniana (Owen, 1987).

Quanto ao CH_4 seria de origem primordial, isto é, capturado diretamente no meio interestelar e da nebulosa proto-saturniana.

Quanto à superfície de Titan, ela se mostrou invisível às naves Voyager 1 e 2 em decorrência da espessa camada de nuvens alaranjada que cobre o satélite, até uma altura de 500 km e cuja composição ainda é pobremente conhecida. Um possível esquema seria a produção de compostos pesados da forma C_{2n}H_2 , em altitudes de 500 - 800 km através da ação do radical C_2H , esperando-se a formação de polímeros compostos por C-N. Moléculas de cadeias longas sintetizadas desta maneira se acomodam na alta estratosfera e coagulam para formar aerossol (Cabane e Chassefière, 1995).

No entanto estudos de radar, microondas e janelas de infravermelho, apontam evidências de uma superfície gelada e escura ainda que mares e lagos de hidrocarbonetos não estejam descartados.

Considera-se o etano como fonte de metano para a atmosfera de Titan, possivelmente sendo o principal constituinte destes oceanos. (Lara et al, 1994). Sagan (1982) sugere que estes mares sejam profundos, de 250 m até 5000 m de profundidade.

Provavelmente sua superfície tenha crateras de impacto e regolito; entretanto a natureza da superfície de Titan somente será esclarecida quando da descida de paraquedas , em Titan, do módulo Huyghens que faz parte da missão Cassini a ser lançada em 1997 (Lorenz, 1993).



Capítulo 3

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste capítulo apresentamos o sistema experimental utilizado na simulação atmosférica de Titan, as formas e os equipamentos empregados para as investigações ópticas e elétricas da atmosfera e , por último, os substratos e os equipamentos usados na caracterização da estrutura e composição dos sub-produtos sólidos produzidos durante a descarga elétrica geradora desta atmosfera.

3 . 1 SISTEMA EXPERIMENTAL

3 . 1 . 1 O Reator

O sistema experimental utilizado constituiu-se de um reator cilíndrico de Pyrex^R , medindo 14 cm de comprimento por 5 cm de diâmetro, com duas janelas laterais diametralmente opostas e centradas no reator. Estas janelas apresentam diâmetro externo de



1,0 cm apropriadas para investigação óptica do plasma orgânico e suas concomitantes medidas de densidade e temperatura eletrônicas.

A excitação da descarga foi feita por meio de dois eletrodos planos e paralelos, internos ao reator, construídos por aço inox, medindo 2,5 cm de diâmetro por 0,3 cm de espessura e separados por uma distância de 2,0 cm e dispostos simetricamente às janelas ópticas. A potência entregue aos eletrodos foi fornecida através de uma fonte de tensão negativa de 0 a 2 kV, com o eletrodo superior polarizado negativamente e o inferior aterrado. A Figura 3.1 mostra um diagrama esquemático do sistema experimental.

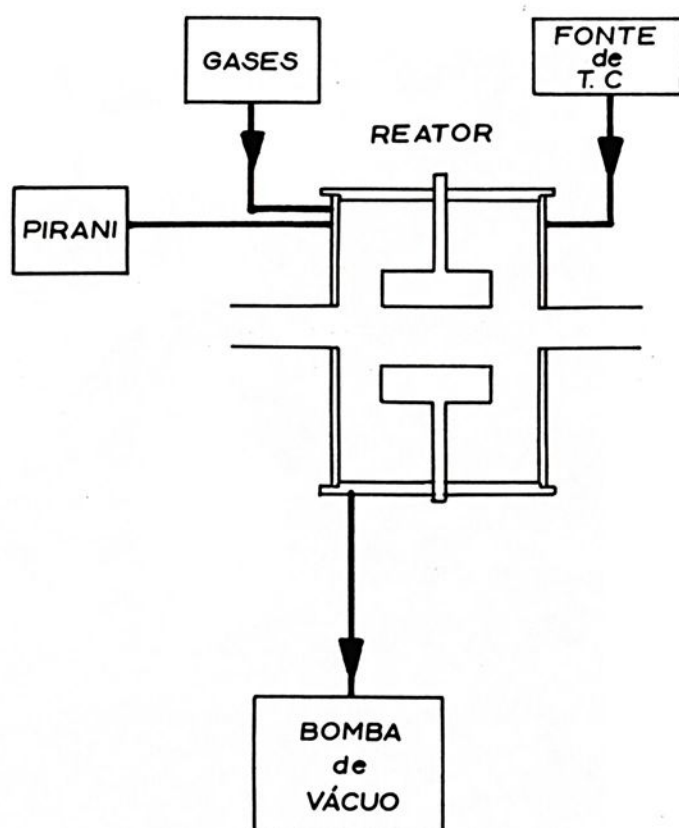


Figura 3.1 Sistema Experimental. Diagrama esquemático

O sistema foi evacuado até pressões da ordem de 10^{-3} Torr por uma bomba mecânica de duplo estágio, Edwards com velocidade de bombeamento de 22 m^3 por hora. Em seguida injetou-se argônio como gás de arraste para limpeza complementar do reator e das tubulações nas quais os gases eram injetados. Esta injeção era controlada por válvulas-agulha.

A figura 3.2 mostra uma foto característica do plasma proveniente da descarga sustentada pelos eletrodos internos ao reator, em uma mistura de $\text{N}_2 / \text{CH}_4 / \text{H}_2\text{O}$, mantida à baixa pressão.

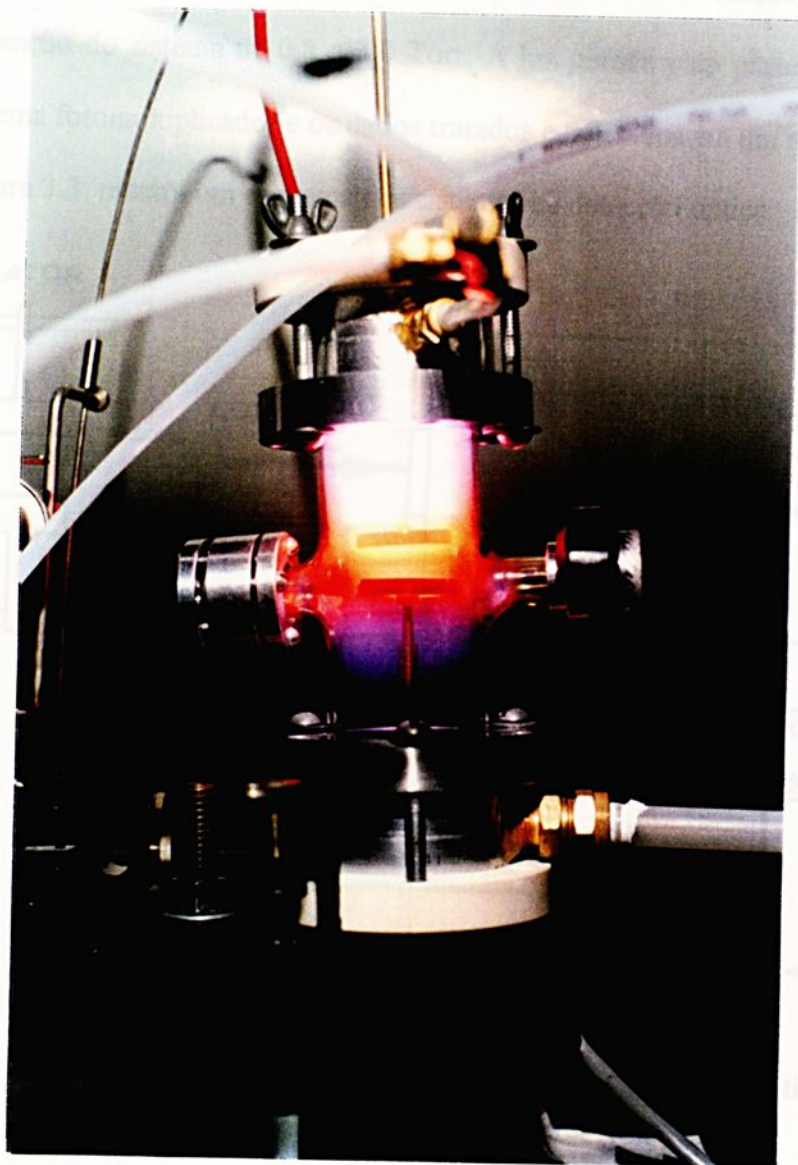


Figura 3.2

Fotografia da descarga
de $\text{N}_2 / \text{CH}_4 / \text{H}_2\text{O}$

3.1.2 Detecção óptica das descargas

Utilizou-se um Espectrógrafo Zeiss modelo PGS-2, transformado por Teixeira et al (1996) em um espectrômetro monocromador de 2 m de distância focal, para investigação das espécies geradas pelo plasma e sua evolução, em função da pressão de operação do sistema de 0,8 a 3,0 Torr. A luz gerada pelo plasma foi amplificada por um sistema fotomultiplicador e os dados tratados e coletados em um microcomputador PC-486. A Figura 3.3. mostra um esquema dos sistemas de detecção óptica.

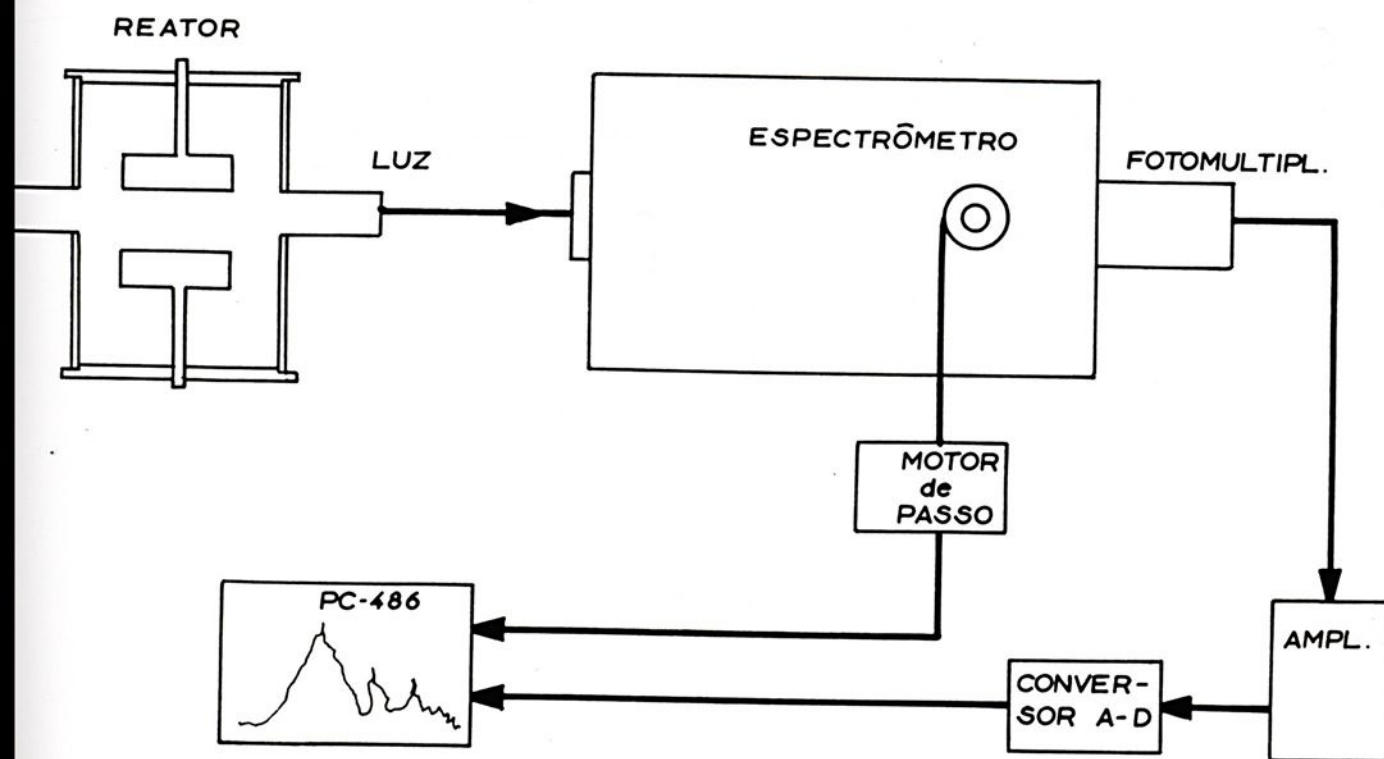


Figura 3.3 Sistema de Detecção Óptica. Diagrama esquemático

3.1.3 Detecção elétrica da descarga

Medidas de densidades e temperaturas eletrônicas foram feitas na descarga de $N_2 / CH_4 / H_2O$, utilizando-se uma sonda de Langmuir cilíndrica com diâmetro de $64 \mu m$, exposta na região central entre os eletrodos metálicos. Um gerador de rampas polarizado de -100 a $+100$ V serviu como fonte de polarização da sonda. As medidas foram feitas para pressões entre $0,8$ e $3,0$ Torr e os dados coletados por um osciloscópio Tektronix modelo TDS 310, interfaciado a um microcomputador PC-486, onde os mesmos foram processados. O esquema do sistema elétrico de detecção está mostrado na Figura 3.4

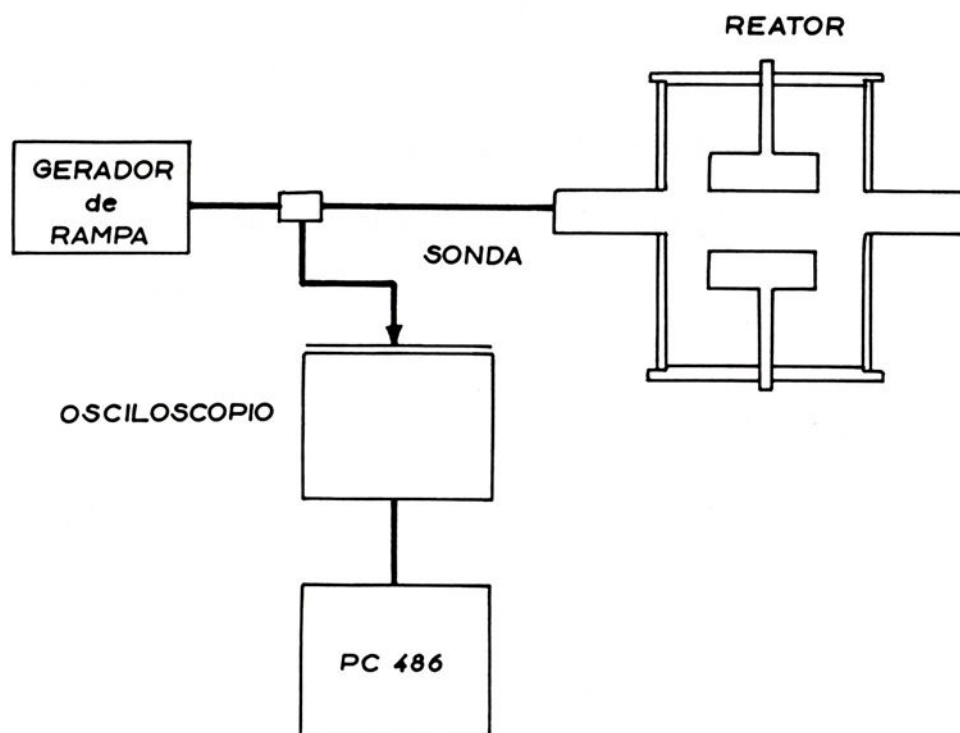


Figura 3.4 Sistema de Detecção Elétrica. Diagrama esquemático

3 . 2 EQUIPAMENTOS USADOS NA CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA MOLECULAR E DO SUB-PRODUTO DEPOSITADO.

A caracterização da estrutura molecular foi feita utilizando-se um espectrofotômetro infravermelho com Transformada de Fourier, modelo Perkin-Elmer, operando entre 5000 e 400 cm^{-1} . Para estas análises foram usados substratos de KBr planos e polidos, medindo 1,0 x 1,0 x 0,5 cm. Já as análises dos componentes ou substâncias químicas, foram procedidas por espectroscopia de massa, utilizando-se os sub-produtos provenientes da descarga, na forma de pó, após raspagem interna do reator.

Em média foram necessárias 2 mg de material, para processar a análise, no espectrômetro de massa modelo..

3 . 3 GASES

Os gases utilizados neste trabalho, apresentaram pureza 99,999 tanto para o argônio, quanto para a mistura previamente preparada, de nitrogênio / metano / água, nas proporções de 95%: 4,8%: 0,2%, e foram ambos fornecidos pela White Martins.

Capítulo 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ESPÉCIES QUÍMICAS GERADAS PELO PLASMA

Conforme discutido no Cap. 2, os elétrons livres gerados no plasma constituem uma intensa fonte de fragmentação molecular. Neste trabalho observamos fragmentação do monômero N_2 / CH_4 / H_2O juntamente com argônio, utilizado como actinômetro, no processo de investigação da tendência do comportamento das espécies químicas em função da pressão de operação do sistema.

A Tabela 4.1 mostra as principais espécies observadas na descarga e seus respectivos comprimentos de onda.

Utilizamos o método actinométrico para investigar as espécies CN, CH, NH e OH, que são espécies químicas precursoras da formação de polímeros (Durrant et al, 1995; Yasuda, 1981).

Na Figura 4.1 está apresentada a dependência da intensidade relativa da luz, emitida pelo argônio, em função da pressão total dos gases, onde a pressão de argônio é

mantida constante e menor que 5% para não perturbar o plasma. Como a concentração do actinômetro é mantida constante na descarga, a aplicação da equação 2.3.2 ao actnômetro resulta em:

$$I_{ac} \propto \eta_{ac}$$

portanto a curva apresentada nesta figura representa, a menos de uma constante, a eficiência de excitação do actinômetro.

TABELA 4.1

ESPÉCIES	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)
CO	4500,5
CO ₂	3562,2
OH	3428,1
OH +	3565,0
NO	3572,4
NH	3370,0
O ₂	3369,6
O ₂ +	4082,5
CN	3883,0
N ₂	3371,3
CH	4314,0
C	4771,7
H	4861,3
H ₂	4863,6
Ar	4300,0

Tab 4.1 Comprimentos de onda emitidos pelas principais espécies químicas observadas.

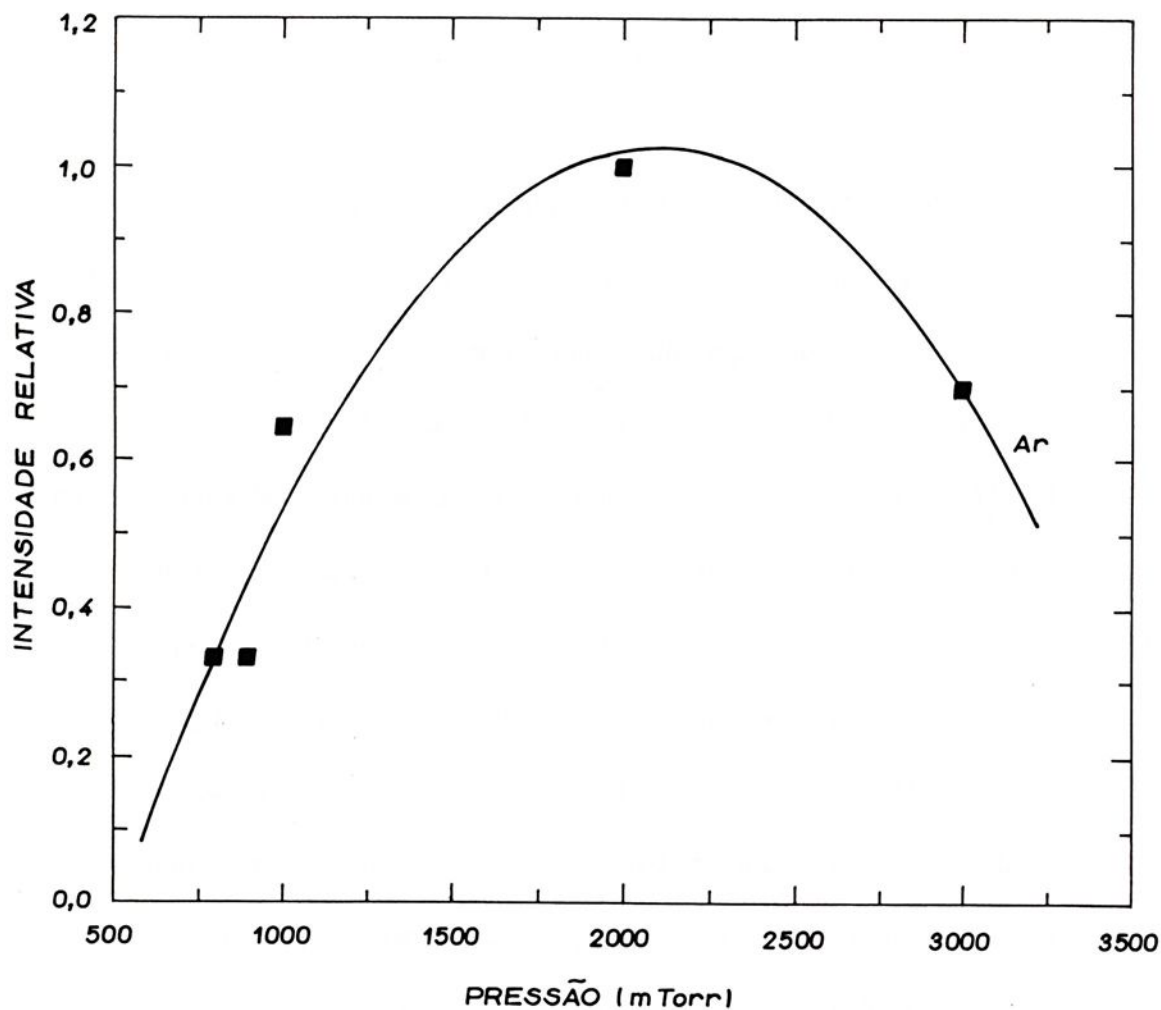


Figura 4 . 1 Dependência da intensidade de emissão de argônio. em função da pressão. A potência acoplada na descarga foi mantida constante em 25 W ; $\lambda = 4300 \text{ \AA}$

Modificações na pressão envolvendo a mistura $\text{N}_2 / \text{CH}_4 / \text{H}_2\text{O} - \text{Ar}$ podem gerar alterações na densidade de elétrons, ρ , do plasma e / ou na energia cinética média, E , destes elétrons sendo que estas alterações podem se refletir como uma alteração

Função Distribuição dos Elétrons (FDE) . Para caracterizar , de uma maneira sucinta, modificações na FDE, Mota et al (1992), definiram o parâmetro “ Atividade do Plasma - A” dado pela relação:

$$A = \rho E$$

Logo, o comportamento descrito pela intensidade relativa de emissão do argônio, aumentando até pressões próximas de 2 Torr e caindo após este valor, é reflexo de alterações na atividade do plasma neste intervalo de pressão.

As Figuras 4.2 , 4.3 , 4.4 e 4.5 mostram as tendências dos comportamentos das variações das concentrações relativas das espécies NH , CH , OH e CN respectivamente, tomadas em função da pressão e usando o argônio como actinômetro.

O aumento nas concentrações relativas das espécies químicas NH , CH e OH com a pressão, pode ser atribuído ao acréscimo da atividade do plasma para pressões menores ou igual a 2 Torr, em que a eficiência de fragmentação molecular pode atingir seu valor máximo, muito provavelmente devido à predominância das colisões elásticas envolvidas no processo. Estas colisões são as mais simples , nestas não ocorre perda de energia cinética e o elétron muda de direção, após o choque sem perda significativa de velocidade.

Por outro lado, o decréscimo observado no comportamento das espécies mostradas nas Figuras 4.2 , 4.3 e 4.4, pode ser creditado às colisões inelásticas reduzindo a fragmentação molecular. As colisões inelásticas podem ser , na *glow discharge*, representadas pela Ionização que é a retirada de um elétron do átomo atingindo pelo elétron primário. Ocorre a produção de um íon positivo e dois elétrons; a multiplicação deste processo mantém a descarga luminescente.

Um outro processo de transferência de energia, porém menos dramático, é a Excitação, no qual o elétron primário faz elétrons da última camada do átomo atingido mudarem de nível de energia.

Já o decréscimo da espécie CN, mostrado na Figura 4.5, pode ser atribuído a um aumento significativo da espécie NH com a descarga. Isto ocorre devido a processos de recombinações de átomos de nitrogênio com hidrogênio serem muito mais eficientes que aqueles processos de recombinações de nitrogênio com carbono e hidrogênio com carbono.



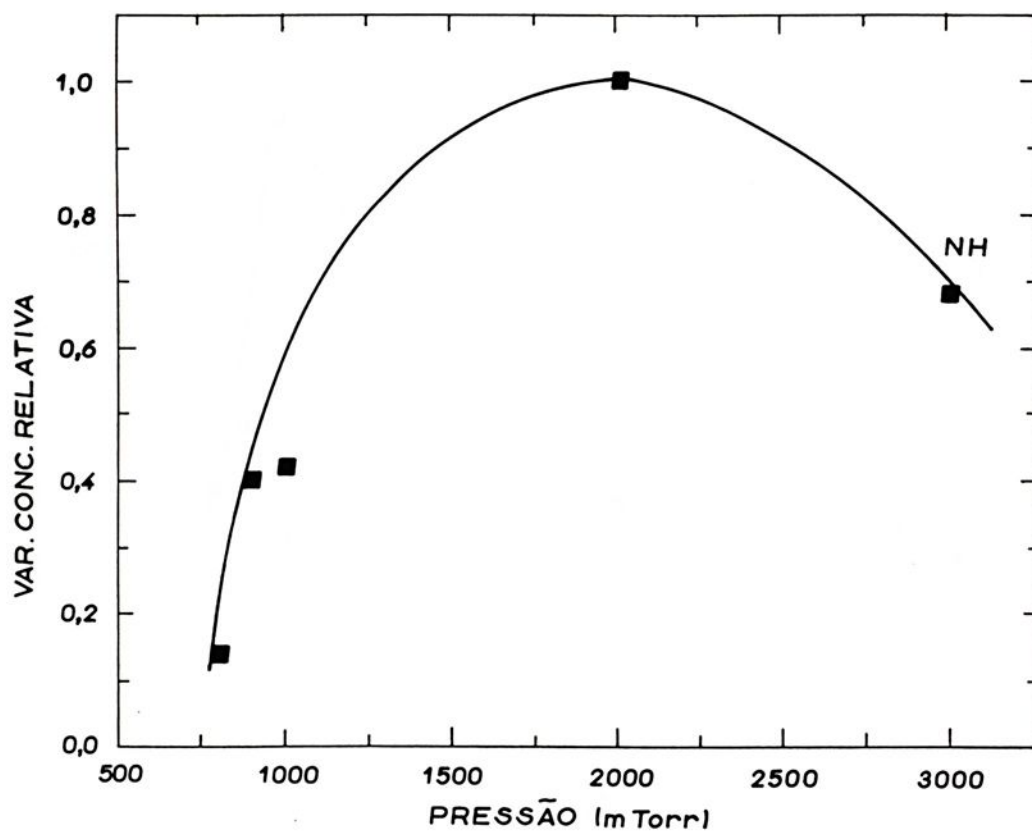


Figura 4 . 2 Tendência do comportamento da variação relativa da espécie química NH em função da pressão. A potência acoplada na descarga foi mantida constante em 25 W

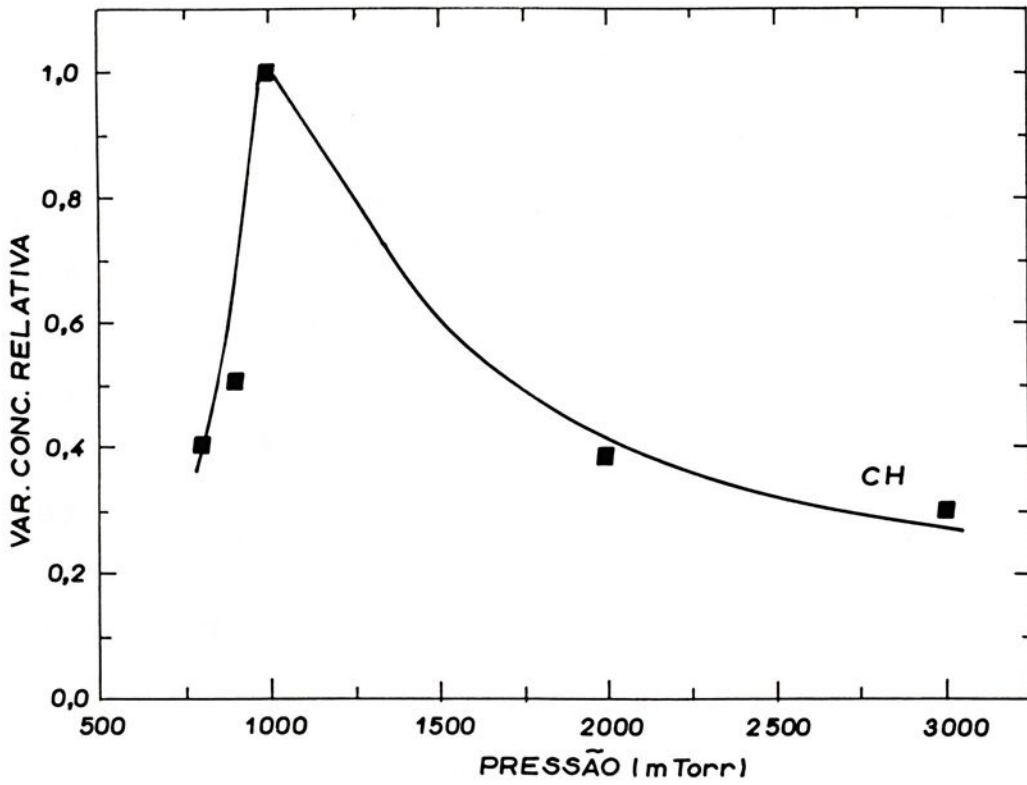


Figura 4 . 3 Tendência do comportamento da variação relativa da espécie química CH em função da pressão. A potência acoplada na descarga foi mantida constante em 25 W

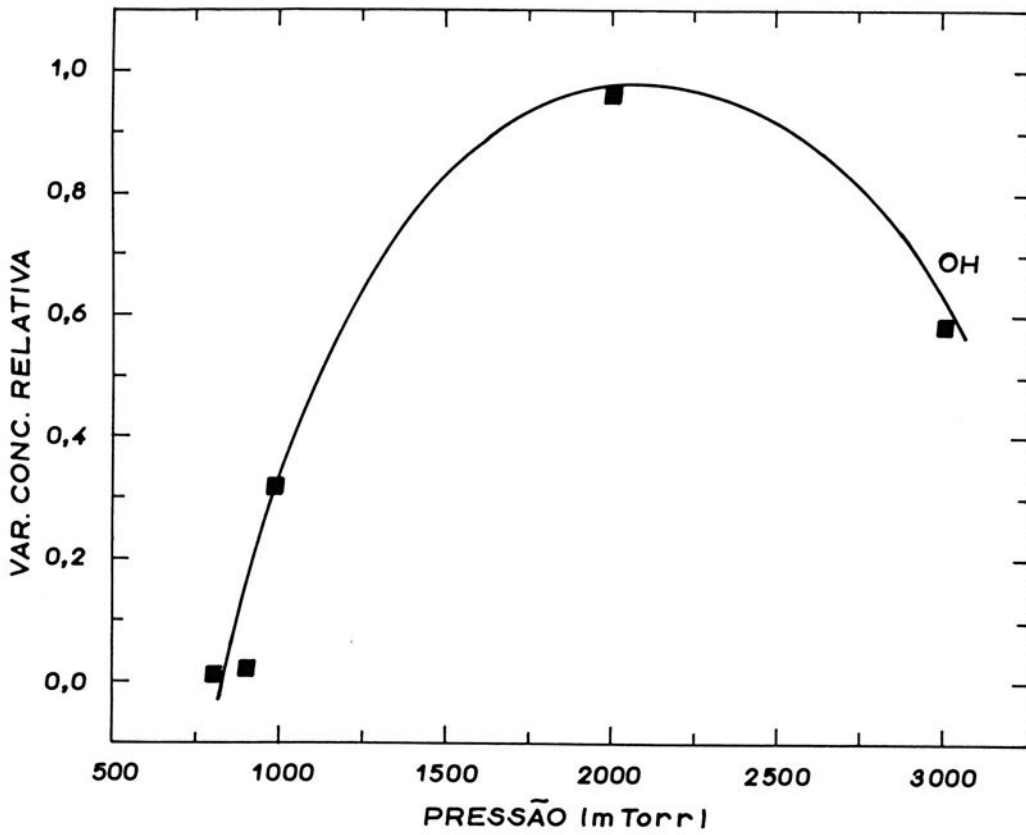


Figura 4 . 4 Tendência do comportamento da variação relativa da espécie química OH em função da pressão. A potência acoplada na descarga foi mantida constante em 25 W

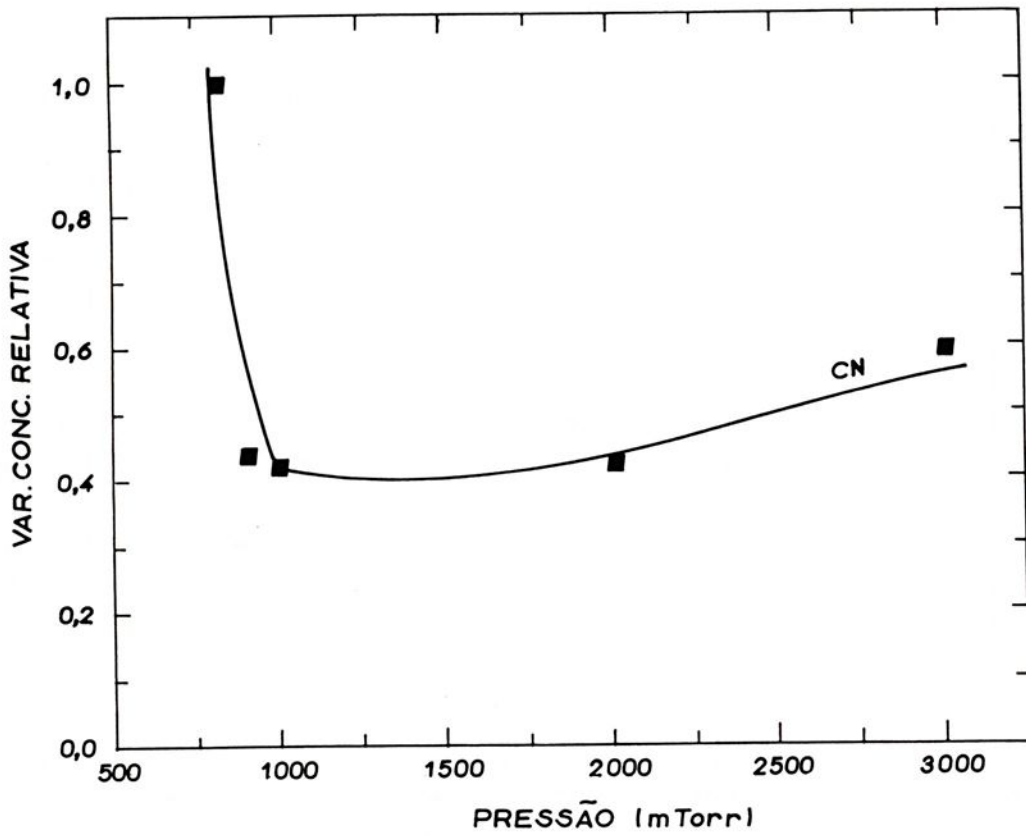


Figura 4.5 Tendência do comportamento da variação relativa da espécie química CN em função da pressão. A potência acoplada na descarga foi mantida constante em 25 W

4.2 TEMPERATURAS E DENSIDADES ELETRÔNICAS

A figura 4. 6 mostra o comportamento da dependência da temperatura eletrônica com a pressão do gás composto por $N_2 / CH_4 / H_2O$ nas proporções de 95:4,8:0,2 % respectivamente.

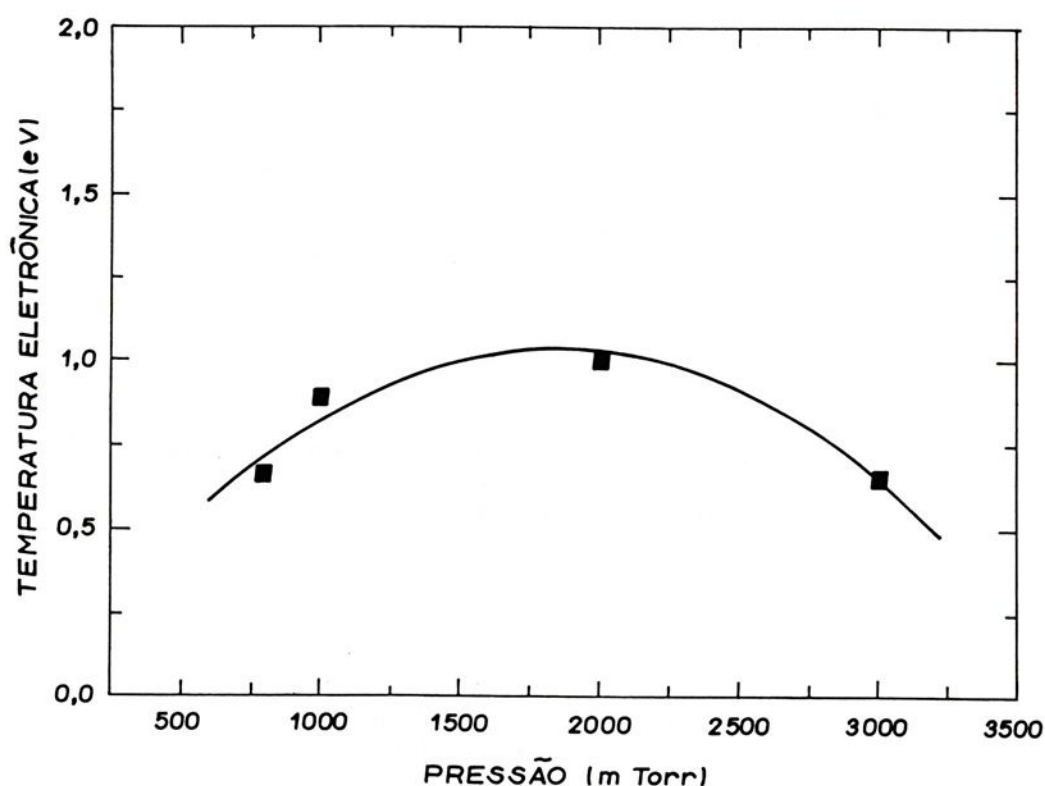


Figura 4. 6 Dependência da Temperatura Eletrônica com a pressão total da mistura de $N_2 / CH_4 / H_2O$, mantida à potência constante de 25 W

Pode ser apreciado que para pressões abaixo de 2 Torr, há um aumento na temperatura eletrônica, o qual se credita como devido a predominância de processos colisionais elásticos nesta região. Após passar por um máximo, observa-se a queda na

temperatura eletrônica podendo ser um indicativo de predominância de processos colisionais inelásticos acima de 2 Torr. Já na figura 4 . 7 está mostrado um decréscimo na densidade eletrônica no intervalo de 0,8 a 2 Torr e um acréscimo após este valor.

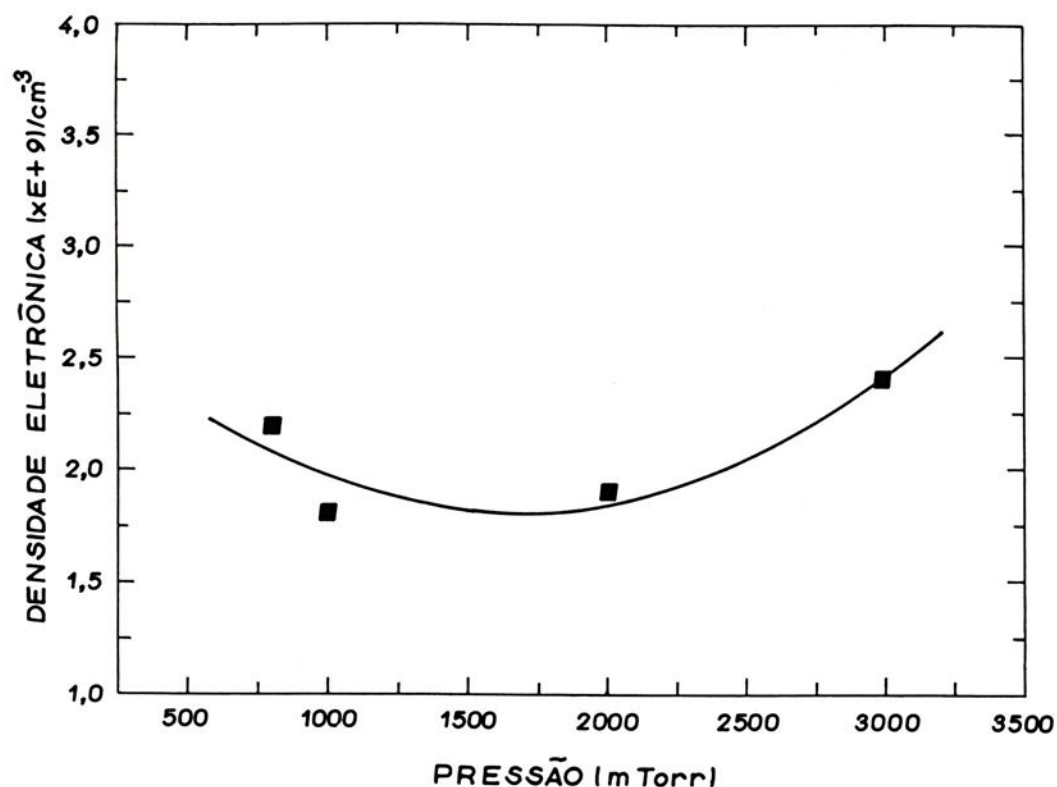


Figura 4 . 7 Dependência da Densidade Eletrônica com a pressão total da mistura de $N_2 / CH_4 / H_2O$, mantida à potência constante de 25 W

O decréscimo na densidade dos elétrons pode estar associado à captura dos mesmos pelos radicais criados pelo plasma de $N_2 / CH_4 / H_2O$, ao passo que o aumento da densidade eletrônica após 2 Torr surge em decorrência da diminuição de radicais que capturam elétrons , nesta região, fazendo com que aumente o número de eletrons livres e frios.

Comparando-se as Figuras 4.6 e 4.7 com a Figura 4.1, pode-se observar uma boa concordância entre o produto dos comportamentos das temperaturas e densidades eletrônicas com o comportamento da intensidade relativa da emissão de argônio, isto é, com a eficiência de excitação da descarga.



4 . 3 ESTRUTURA MOLECULAR E COMPOSIÇÃO DO PLASMA DE $N_2 / CH_4 / H_2O$

4.3.1 Estrutura molecular

A Figura 4.8 mostra um espectro infravermelho característico do sub-produto na forma sólida proveniente da descarga de $N_2 / CH_4 / H_2O$, depositado sobre KBr. O depósito ocorreu numa pressão de 2 Torr e potência de 25 W.

Observa-se nesta figura esticamento N - H correspondente à amina primária em 3350 e 3240 cm^{-1} . Pode ser mencionado que esta banda é sobreposta à banda responsável pela hidroxila, em 3400 cm^{-1} . Esticamentos C - H antissimétricos e simétricos em grupos funcionais CH_2 e CH_3 aparecem respectivamente em 2929 e 2872 cm^{-1} .

Em 2200 cm^{-1} surge a vibração $C \equiv N$, associada a grupos nitrila e $C \equiv C$ correspondente a vibrações esticamento em 2100 cm^{-1} . Em 1720 cm^{-1} , os grupos funcionais $C = O$ representativos de carbonila, são superpostos por uma forte deformação de N-H centrada em 1640 cm^{-1} , característica de amina primária. Esta mesma deformação sobrepõe a vibração de esticamento $C = C$ em 1650 cm^{-1} e vibrações C - C associadas a grupos aromáticos entre 1500 e 1600 cm^{-1} .

Parte considerável da presença dos grupos hidroxila e carbonila nestes materiais se deve ao fato dos mesmos apresentarem na sua estrutura uma grande quantidade de radicais livres, os quais são fontes captadoras de oxigênio residual pós processo de descarga ou mesmo no contato com o meio ambiente, onde o O-H pode ser proveniente de vapor d'água.

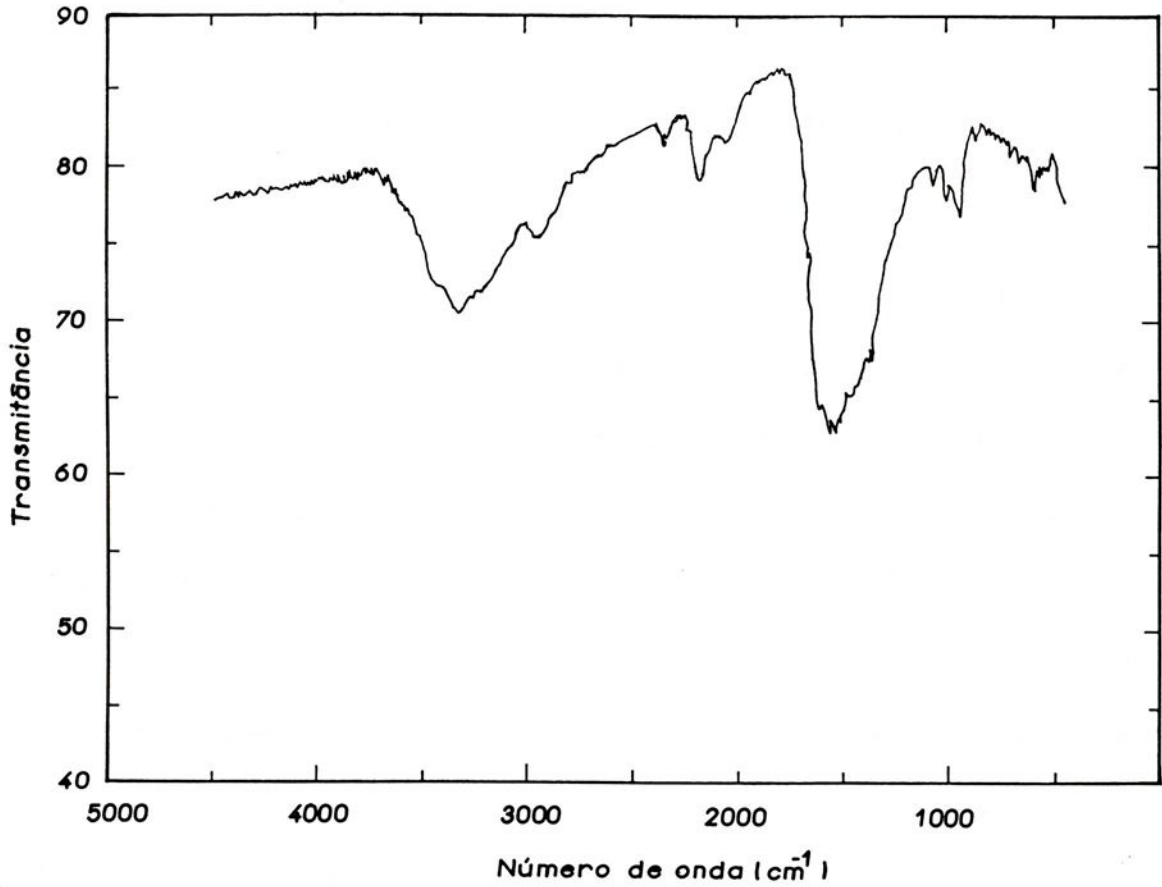


Figura 4 . 8 Espectro Infravermelho característico do sub produto sólido gerado a partir de reações químicas dentro do plasma de $N_2 / CH_4 / H_2O$

Contudo ainda, considerando o alto índice de radicais nestes produtos, a presença de nitrogênio induz processos de recombinações que são mais intensos em comparação com aqueles que ocorrem com oxigênio no meio atmosférico. Por causa disto a

neutralização destes radicais livres pode ocorrer imediatamente após o processo de deposição.

4.3.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SUB-PRODUTO

A mistura formada por $N_2 / CH_4 / H_2O$, que funciona como um monômero, pode se transformar num sub-produto sólido após sofrer a ação de um descarga elétrica via três caminhos a saber: sob a forma de pó, sob a forma de um filme fino ou de maneira combinada das duas anteriores. Os fatores que determinam estas estruturas são essencialmente pressão de um ou mais gases e potência de operação do sistema.

Neste trabalho o sub-produto sólido foi depositado sob a forma de filme fino, não obstante haver uma baixa quantidade sob a forma de pó. A deposição ocorreu sobre substratos de vidro colocados no eletrodo aterrado e nas paredes do reator sendo que o eletrodo polarizado negativamente, se manteve recoberto.

Pode-se observar na fotografia mostrada na Figura 4.9, uma cor marron-alaranjada clara, característica do material obtido nesta polimerização a plasma.

Uma raspagem das paredes do reator e dos substratos de vidro, transformou o sub-produto sob a forma de filme fino para a forma de pó. O diâmetro médio deste pó é da ordem de décimos de micron.



A espectroscopia de massa realizada com 2 mg deste pó revelou a existência de vários compostos químicos, cujas massas moleculares atingiram valores tão altos como 382, conforme mostrado na figura 4. 10

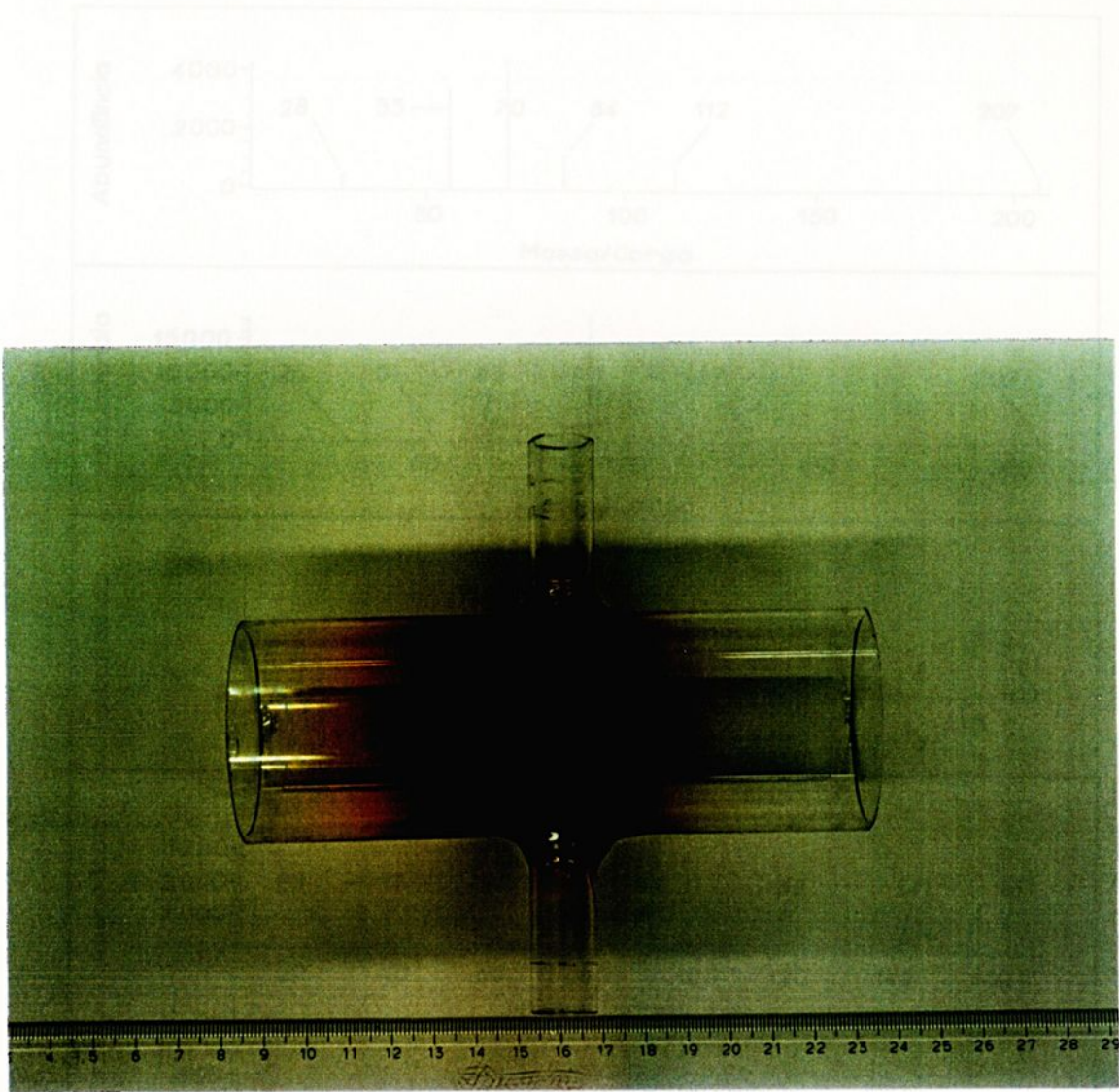
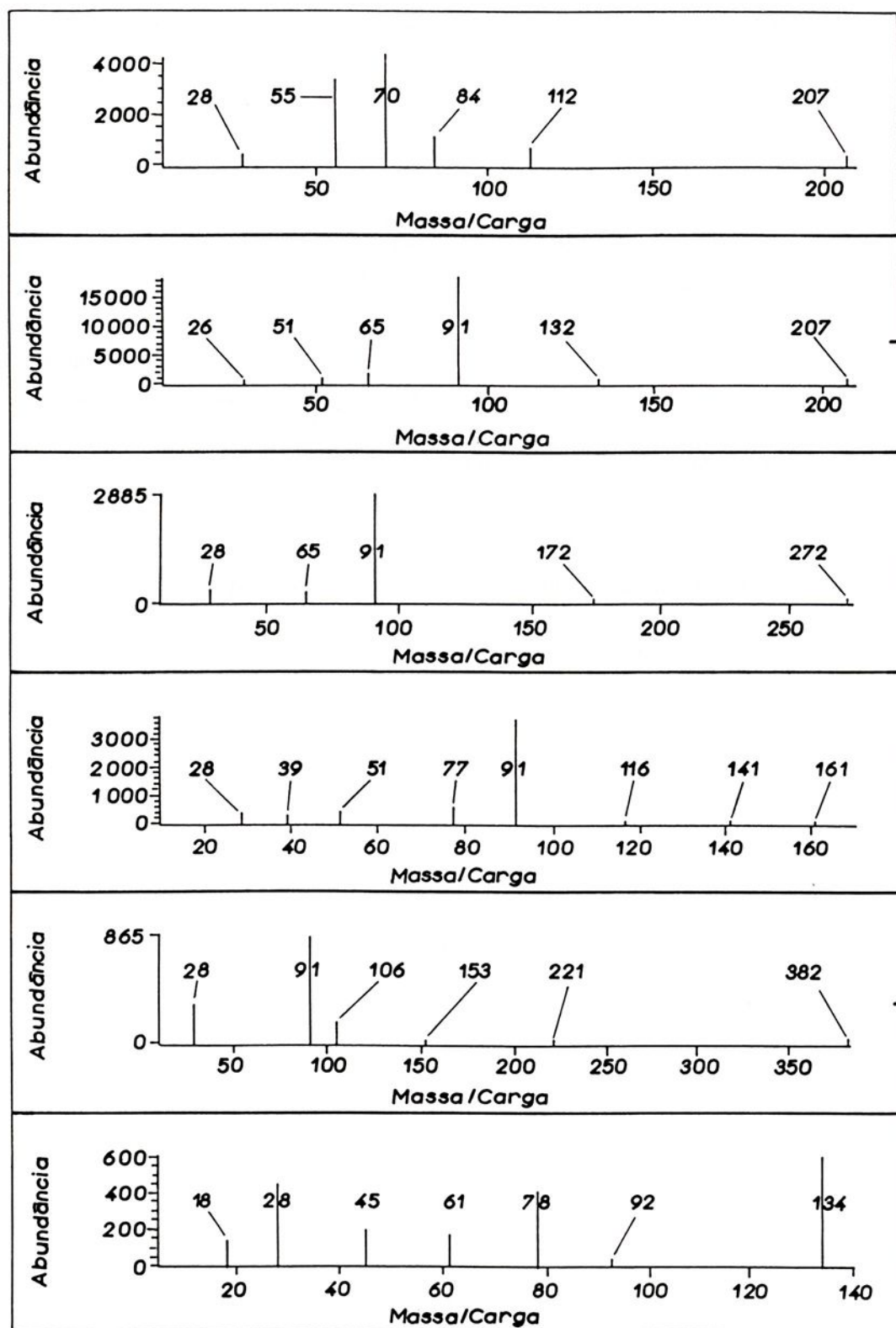


Figura 4 . 9 Fotografia do sub-produto depositado nas paredes do reator

A espectroscopia de massa realizada com 2 mg deste pó revelou a existência de vários compostos químicos, cujas massas moleculares atingiram valores tão altos como 382, conforme mostrado na figura 4. 10



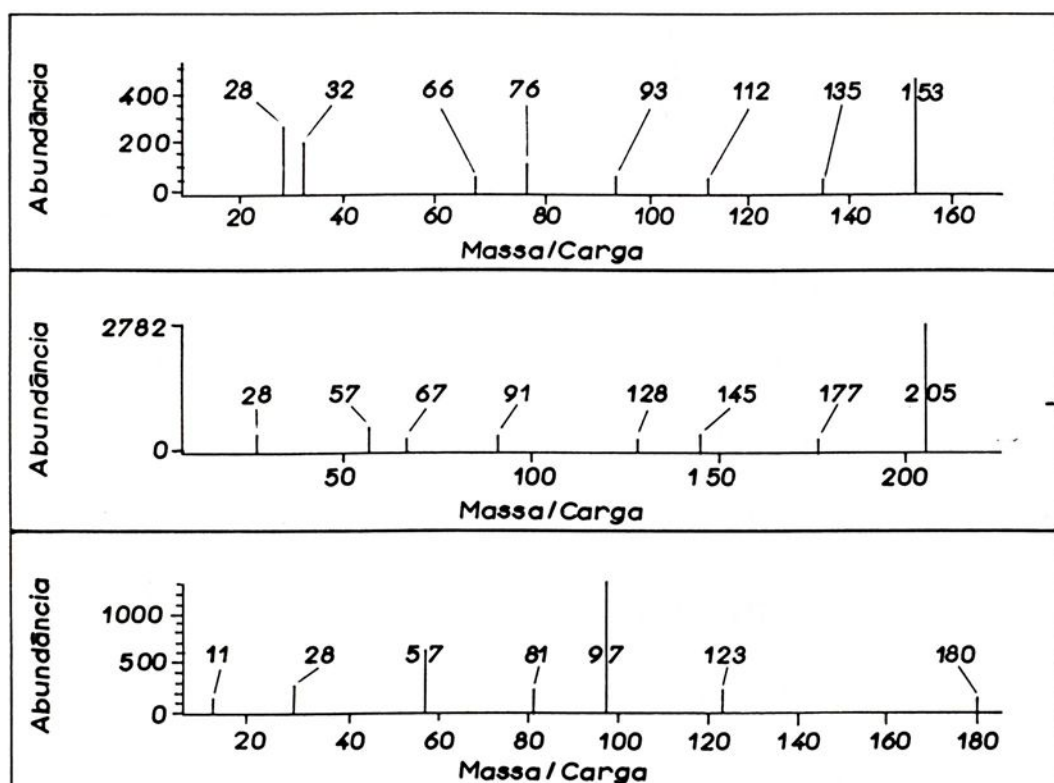


Figura 4 . 10 Espectro de Massa do sub-produto depositado a plasma

Para vários números de massa temos como possibilidade a existência de compostos saturados, insaturados e aromáticos, como mostrados na tabela 4 . 2

TABELA 4.2

PESO MOLECULAR	COMPOSTOS
18	ÁGUA
28	C = O, H ₂ CN, N ₂
32	O ₂
33	HONH ₂
52	CICLOBUTENO
56	CICLOBUTANO
63	FURANO
78	BENZENO
91	TOLUENO, CICLOHEPTATRIENO
104	PIRIDINACARBONITRILA, AZULENO
105	ÁCIDO ANTRANÍLICO
128	NAFTALENO
205	FENILIZOQUINOLINA

Principais compostos e respectivos pesos moleculares observados na Espectroscopia de Massa



Tibbit e colaboradores em 1976 (Tibbit et al, 1976), apresentaram uma provável estrutura química para o etileno polimerizado a plasma como pode ser visto na Figura 4 . 11. Para determinar esta estrutura, eles levaram em consideração a densidade do material, o alto grau de ramificação e as espectroscopias de massa e infravermelha. Considerando-se que o monômero $N_2 / CH_4 / H_2O$ é muito mais complexo que o etileno, é de se supor que a estrutura química do sub-produto sólido gerado por descargas elétricas na mistura $N_2 / CH_4 / H_2O$ tenha uma estrutura molecular muito mais complexa que aquela obtida na polimerização do etileno.

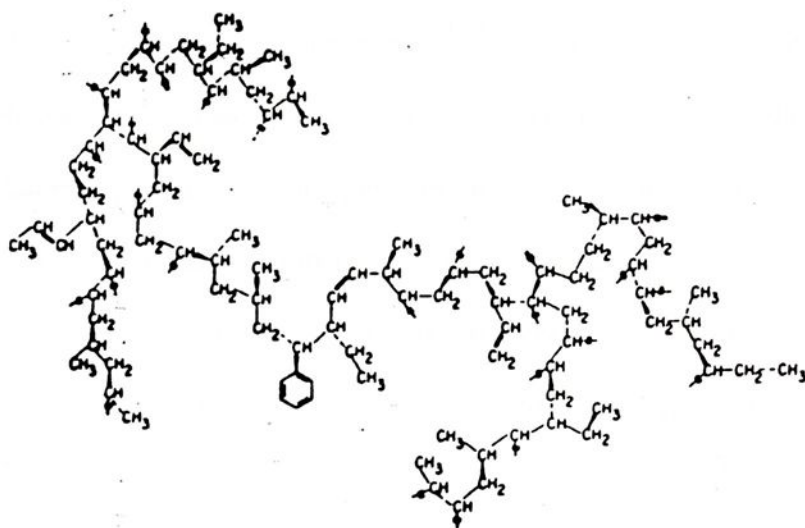


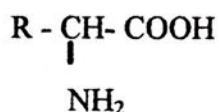
Figura 4.11 Estrutura molecular provável para o etileno polimerizado a plasma (Tibbit et al, 1976)

Capítulo 5

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A partir de nossos resultados podemos concluir que a possibilidade de simulação de atmosferas planetárias em laboratório é perfeitamente factível em nosso meio, tal como ocorre em outros centros de pesquisa (Miller, 1953; Sagan e Miller, 1960; Scattergood et al, 1989; Thompson et al, 1991). As dificuldades na obtenção de misturas gasosas com composição precisas em nosso laboratório, em virtude de trabalharmos com as válvulas do tipo agulha, foram contornadas pelo uso de misturas previamente preparadas, que apesar de não proporcionarem outras alternativas de composição, garantem uma proporção constantes dos gases.

As detecções pela espectroscopia óptica de várias espécies químicas tais como C_2 , CO , CO_2 , NO , OH^+ , H , H_2 , dentre outras, nos permite aventar a possibilidade de formação de amino ácidos que tem a forma geral, onde R é um radical :



Estes amino ácidos poderiam, então, ser sintetizados por descargas elétricas luminescentes que se originariam da entrada na atmosfera, de raios cósmicos e elétrons

do meio interestelar ou da magnetosfera de Saturno . Na produção destes amino ácidos tem papel importante HCN e aldeídos da forma $R-CHO$.

O sub-produto que pode ser um heteropolímero, tem na sua composição, inúmeros compostos que apresentam papel importante na síntese de produtos de interesse pré-biótico como amino ácidos, glicídeos e lipídeos.

A caracterização deste sub-produto de cor alaranjada, com intensa ramificação e inúmeros compostos cíclicos, que foi obtido pelas descargas, nos faz supor a possibilidade de compostos mais simples serem formados numa escala de tempo menor ou mesmo em regiões próximas à passagem da partícula que gerou a descarga luminescente.

Este sub-produto seria carregado para maiores altitudes onde sofreria fotólise por ação de raios ultra-violeta tanto de origem solar como do meio interestelar; esta fotólise poderia quebrar este heteropolímero gerando compostos químicos de menor tamanho. Da mesma maneira, compostos menores, com menor grau de complexidade, sofrendo a ação destes raios altamente enegéticos, poderiam , ao se quebrarem, dar origem a novos compostos por recombinação.

Correntes convectivas poderiam trazer para menores altitudes este sub-produto que sofreria agora a ação de raios cósmicos. A ação desta radiação se faz sentir mais intensamente em altitudes da ordem de 100 km.

Em nosso trabalho calculou-se a tendência dos comportamentos de espécies químicas, de acordo com uma faixa de pressão correspondendo a um intervalo de altitude, fato até então não observado na literatura. Esta tendência de comportamento nos mostra que em determinada altitude ocorre o aparecimento preferencial de espécies químicas, com importância pré-biótica. Trabalhos já citados



(Thompson et al, 1991) estudam as descargas em duas distintas pressões e não analisa o sub-produto formado.

Também de maneira inédita estudamos as temperatura e densidade eletrônicas de acordo com a altitude. Os resultados mostram que nosso plasma tem temperaturas que variam entre 0.5 e 1,2 eV, sendo considerado, portanto, um plasma frio. O máximo da temperatura é ao redor de 2 Torr. Quanto a densidade de nosso plasma, ela varia entre 0,8 a $1,2 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$.

Está em nossos planos futuros o estudo do comportamento destas espécies químicas em pressões da ordem de 0,1 - 0,3 Torr que correspondem a altitudes de 260 a 320 km. Também será interessante estudar o sub-produto assim obtido, para se comparar sua composição, com aquela por nós obtida. Usaremos técnicas de pirólise conjuntamente com espectroscopia de massa na tentativa de se identificarem novos compostos orgânicos.

Também será estudada a estrutura molecular provável deste sub-produto bem como suas propriedades ópticas e tamanho de seu particulado.

Quanto ao estudo em pressões da ordem de 1000 Torr ou maiores, que são os níveis na superfície deste satélite, não é possível pois implica em pressão positiva na qual a descarga luminescente não é tão facilmente desencadeada. A forma seria então trabalhar com descargas elétricas em arco. Também é nossa intenção fazermos estudos por espectroscopia de massa na descarga no sub-produto obtido.

Em resumo, não é de nosso conhecimento trabalhos institucionais no Brasil na área de atmosferas planetárias, sob o ponto de vista físico e de síntese de compostos orgânicos. A Física de Plasma, entre outros fatores, vem sendo muito utilizada no estudo de filmes de interesse industrial, mas com este trabalho vislumbra-se uma nova possibilidade de interação da Física de Plasma com os estudos de evolução de

atmosferas planetárias. Para o caso de Titan, que apresenta atualmente uma temperatura na superfície de 95 K, quando o Sol, no curso da evolução estelar de uma estrela de tipo espectral G, se tornar uma gigante vermelha (dentro de estimados $4 \cdot 10^9$ anos), devendo envolver os planetas interiores seu ambiente terá sua temperatura elevada até níveis que permitirão a continuação da Vida.



5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS :

- BORUCKI, W J., McKAY, C. P. e WHITTEN, R. C. Possible production by lightning of aerosol and traces gases in Titan's atmosphere. *Icarus* **60**, 260-273, 1984.
- CABANE, M e CHASSEFIERE, E ; Laboratory simulations of Titan's atmosphere: organic gases and aerosol; *Planet Space Sci* **43**, 47 - 65, 1995.
- CAPONE, L.A., PRASAD, S. S., HUNTRESS, W.T., WHITTEN, R.C., DUBACH, J., SANTHANAM, K. Formation of organic molecules on Titan . *Nature*, **293**, 45-46, 1981.
- CHAPMAN, B, *Glow Discharge Process*, John Wiley & Sons, 1980, 406 p.
- CLAYTON , D D , *Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis*, McGraw-Hill, Inc, 1968, 611 pag.
- COBURN, J. W.e CHEN , M ; Optical Emission Spectroscopy of Reative Plasmas; *J. Appl. Phys.*, **51**, 6, (1980).
- D'AGOSTINO, R. , CRAMAROSS, F. , De BENEDICTS, S., FERRARO, G. Espectroscopic Diagnostics of CF₄ - O₂ Plasmas During Si and SiO₂ Etching Process, *J. Appl. Phys.* **52** (3), 1259, (1981).
- EBIHARA, K., FUJISHIMA, T., KOJYO, D., MURATA, M; Silicon oxide film preparation by RF plasma enhanced NOCVD using hexamethyldisiloxane, *Plasmas Sources Sci Technol* **2**, nº 1,18; (1993).
- FRACASSI, F, D'AGOSTINO,R., FAVIA, P., Van SAMBEK, M. Thin film deposition in glow discharge with hexamethyldisiloxane-oxygen mistures. *Plasmas Sources Sci Technol* **2**, nº 2, 106; (1993)



- GOODMAN, J. J. *Polym. Sci.* **44**, 551, 1960
- HARKINS, W. B., JAKSON, J.M., *J. Chem. Phys.* **1**, 37, 1933.
- HORI, M., YAMADA, H., YONEDA, T., MORITA, S., HATTORI, S ; *Journal Electrochem. Soc* **135**, 2649 (1988)
- HOWATSON, A. M., *An Introduction to Gas Discharges*, Pergamon Press, 1976, 242 p.
- HUNTEN, D.M., TOMASKO, M.G., FLASAR, F.M., SAMUELSON, R.E., STROBEL, D.F., STEVENSON, D.J. Titan. In : Gehrels, T, Matthews, M. S . (eds) *Saturn* . The University Arizona Press, 1988. p 671-760
- KUIPER, G.P. Titan : A satellite with an atmosphere. *Astrophys. J.* **100**, 378-383, 1944.
- LARA, L. M., LORENZ, R. D., RODRIGO R. Liquids and solids on the surface of Titan : results of a new photochemical model; *Planet Space Sci*, **42**, 5, 1994
- LELLOUCH, E. Atmospheric models of Titan and Triton; *Annales Geophysicae*, **8**, 653-660, 1990
- LEDERBERG, J, Exobiology: Approaches to life beyond the Earth, *Science*, **132**, 393, 1960.
- LORENZ, R D, The Surface of Titan in the context of ESA's Huygens Probe, *ESA Journal*, **17**, 275 , 1993.
- LUTZ B. L., de BERGH, C. , OWEN, T. ; Discovery of Carbon Monoxide in its Atmosphere; *Science* , **220** 1374, 1983.
- McDONALD , G. D., THOMPSON, W. R., HEINRICH, M. , KHARE, B.N., SAGAN, C. Chemical investigation on Titan and Triton tholins. *Icarus*, **108**, 137-145, 1994
- MILLER, S . L, A production of amino acids under possible primitive Earth conditions. *Science* , **117**, 528-529, 1953
- MILLER, S. L. Production of some organic compounds under possible primitive Earth conditions, *J. Amer. Chem. Soc* **77**, 2351-2361, 1955

- MORRISON, R. T, BOYD, R.N; Organic Chemistry, 3rd Edition, Allyn and Bacon, 1973, cap 13, p 405-451
- MOTA, R.P. ; *Estudo do Processo de Deposição e das Propriedades Estruturais e ópticas de Filmes Poliméricos Preparados em Plasma de C_2H_2 , $C_2H_2 - SF_6$ e Hexametildisiloxane*. Campinas , 1992 136 p. Tese (Doutorado em Ciências). Instituto de Física ‘ Gleb Wataghin’, Universidade Estadual de Campinas.
- MOTA R P , SCHIOSAWA, T., DURRANT, F., BICA de MORAES, A.; An actinometric study of C_2H_2 plasma polymerization and film properties; *J. Vac. Sci Technol. A* ,**13** (6) 1; (1995)
- OSADA, Y. TAKASE, M; *J. Polym. Sci.: Polym. Chem.* **23**, 2425, (1985)
- OWEN, T.; The Composition and Origin of Titan’s atmosphere, *Planet Space Sci*, **30**, 33, 1987
- SAGAN, C., MILLER, S. L., Molecular synthesis in simulated reducing planetary atmosphere. *Astron. J.*, **65**, 499, 1960.
- SAGAN, C ., DERMOTT, S. F., The tide in the seas of Titan, *Nature*, **300** , 731, (1982,)
- SAGAN, C ., THOMPSON, W. R. ,KHARE, B. N., Titan : a laboratory for prebiological organic chemistry, *Acc. Chem. Res.*, **25**, 286-292, 1992.
- SAMUELSON, R.E., MAGUIRE, W.C., HANEL, R.A. KUNDE, V.G. JENNINGS, D.E., YUNG, Y.L., AIKEN, R.C. ; CO_2 on Titan, *J Geophys. Res.* **88**, 8709, 1983.
- SCATTERGOOD, T., McKAY, C.P., BORUCKY, W.J., GIVEL, L. P., Van GHYSEGHEM, H., PARRIS, J.E., MILLER, S.L. Production of organic compounds in plasma: a comparison among electric sparks, laser induced plasma and U V light, *Icarus*, **81**, 413-418, 1989.
- SCHREIBER, P., WETHEIMER, M.R., WROBEL, A.M.; Corrosion protection by plasma-polymerized coating *Thin Solid Films* ,**72** , 487-493, (1980)



- SHIRAKAWA, H., IKEDA, S., *Polym. J.* **2**, 231, 1971.
- SILVERSTEIN, R. M., BASSLER, G.C., MORRILL, T. C., *Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos*, Ed. Guanabara, 1979, cap 2, p 2-33
- SMITH, B. A., et al, Encounter with Saturn: Voyager 1 Imaging Science Results; *Science* **212**, 163-191, (1981)
- STROBEL, D.F.; Chemistry and Evolution of Titan's Atmosphere, *Planet Space Sci*, **30**, 839, 1982.
- TEIXEIRA, J C, Estudos de Plasmas Polimerizantes por espectroscopia Óptica de Emissão Actinométrica, *Tese de Mestrado*, UNESP, (1996)
- THOMPSON , W.R., HENRY, T. J., SCHWARTZ, J. M., KHARE, B.N., SAGAN,C.
Plasma Discharge in $N_2 + CH_4$ at Low Pressures: Experimental Results and Applications to Titan, *Icarus*, **90**, 57-73, 1991.
- YASUDA, H, *Plasma Polimerization*, Academic Press, 1985, cap 6, p 73-176



Apêndice A

Trabalho aceito para apresentação no 4º Encontro Brasileiro de Física dos Plasmas , Águas de Lindóia, Brasil, 1996

Nascimento, L.F.C., Teixeira, J.C., Bortoletto, J.R.R., Mota, R.P., Honda, R.Y., Algatti, M.A., Kayama, M.E.; Experimental Investigation in Solids Structures generated in DC Excited $N_2/CH_4/H_2O$ Plasma. Águas de Lindóia, SP; (1996)



EXPERIMENTAL INVESTIGATION IN SOLID STRUCTURES GENERATED IN A DC EXCITED $N_2/CH_4/H_2O$ PLASMA

Luiz Fernando Costa Nascimento, José Carlos Teixeira, José Roberto Ribeiro Bortoleto,
Rogério Pinto Mota, Roberto Yzumi Honda, Mauricio Antonio Algatti, and Milton Eiji Kayama

Laboratório de Plasmas e Aplicações-Departamento de Física e Química
UNESP-Campus de Guaratinguetá, 12500-000 Guaratinguetá, SP, Brazil

INTRODUCTION

Electrical discharges excited by DC or RF, in low pressure mixtures of Hydrocarbons with very reactive gases and/or inorganic vapours have been used in several technological applications since many years ago [1-4]. The final form of one subproduct of these discharges is solid. It results from the many chemical reactions that occur within plasma environment following sometimes very complicated patterns [5]. This subproduct of the chemical reactions may precipitate over the electrode in powder form or like a thin film depending on the plasma parameters, like power coupled to the discharge and pressure of the gas mixture [6].

In this work we study the plasma created by DC discharge in a mixture of $N_2/CH_4/H_2O$ using Actinometric Optical Emission Spectroscopy (AOES) [7]. We analysed the molecular structure and the composition of the reaction product for several plasma parameters in order to correlate its properties to the discharge characteristics. We also study the electron temperature and density dependence on the pressure using Langmuir probe technique.

EXPERIMENTAL SET UP

It was used in this work the same experimental set up described in detail in a previous paper [8], to investigate the DC excited discharge in a mixture of $N_2/CH_4/H_2O$ in the proportion 95:4.8:0.2%.

Briefly, the plasma was created within a small cylindrical Pyrex reactor, between two parallel stainless steel disk electrodes whose separation could be controlled. The power coupled to the discharge was kept in 25 watts.

The AOES was realised using a computer controlled Zeiss monochromator previously described [9]. The spectra were obtained in the region ranging from 3000 to 6000 Å. The spectra were stored in PC-486 for posterior analysis.

The electron temperature and density measurements were performed using the pulsed Langmuir probe technique. The probe was biased by a ramp waveform varying from -100 V to +100 V in 10 ms. The data were stored in a digital oscilloscope and transferred to a PC486 for temperature and density determination.

The chemical reaction subproduct was deposited in solid thin film form over KBr substrates and microscope glass plates. The molecular structure of the films were investigated using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) in the spectrum region ranging from 5000 to 500 cm^{-1} .

The films deposited over the glass substrates were removed and submitted to pyrolysis in order to determine its chemical composition.

RESULTS AND DISCUSSION

We present in table 1 the main chemical species and the respective wavelengths emitted by the $N_2/CH_4/H_2O$ plasma with 2% of Argon, that is used as actinometer. This proportion is kept constant in order to avoid the plasma disturbance. In fig. 1 we present the dependence of the relative light intensity emitted by Ar with the total gas pressure. This curve is representative of the Actinometer excitation efficiency [9]. The variation of the light intensity emitted by Ar with the increase of gas pressure is due to electron energy distribution function changes, that result in

modifications of the plasma activity, i.e. the product of the mean electron density by the mean electron energy. This parameter is an indicative of the plasma capability in molecular fragmentation [10].

specie	wavelength (Å)	specie	wavelength (Å)	specie	wavelength (Å)
CO	4500.5	NH	3360.0	CH	4314.0
CO ₂	3562.2	O ₂	3369.6	C	4771.7
OH	3428.1	O ₂ ⁻	4082.5	H	4861.3
OH ⁺	3565.0	CN	3883.0	H ₂	4863.6
NO	3572.4	N ₂	3371.3	Ar	4300.0

Table-1 Wavelength emitted by the main chemical species used in actinometric optical emission spectroscopy.

Fig. 2 shows the variation of the relative concentration of the NH, CN and CH with pressure obtained using Ar as actinometer. These chemical species are the precursors of the polymeric films [11,12]. The increase of the relative concentration of the chemical species NH and CH with pressure may be attributed to the increase of the plasma activity up to 2000 mTorr. After this value the relative concentrations fall down indicating that for a determined value of the power coupled to the plasma its efficiency in molecular fragmentation presents a maximum. The existence of this maximum may be explained in terms of inelastic and elastic collisions.

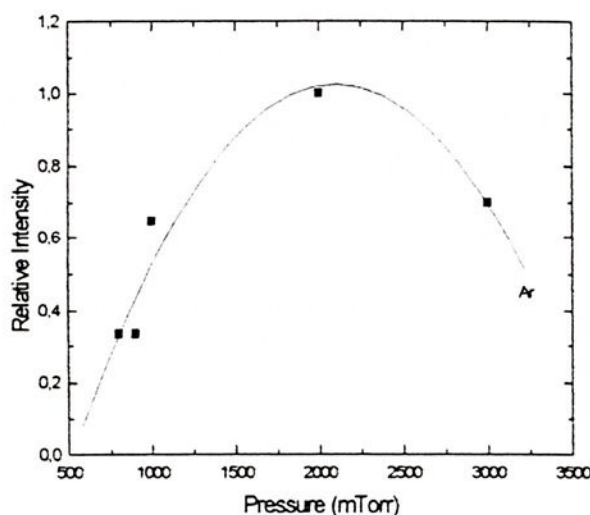


Figure-1 The pressure dependence of Ar emission for pressures ranging from 800 to 3000 mTorr. The power coupled to the discharge was kept constant in 25 watts.

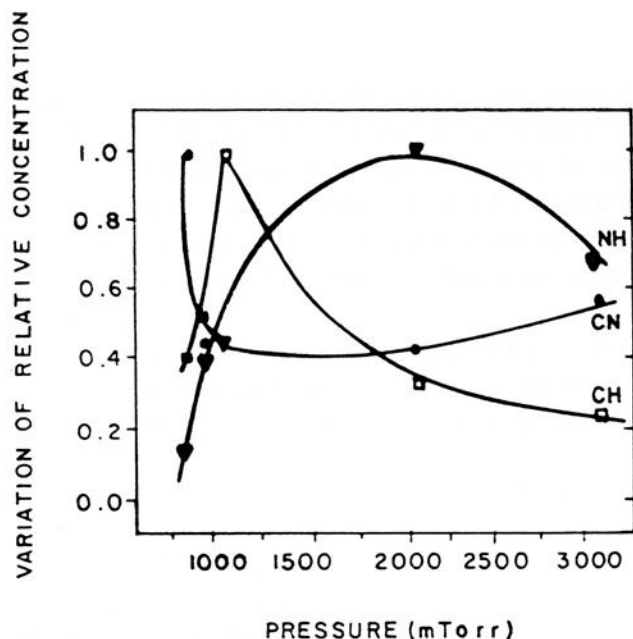


Figure-2 The pressure variation of the relative concentration of the chemical species NH, CH and CN. The power coupled to the discharge was kept constant in 25 watts.

The decreasing of the CN specie up to 1000 mTorr may be attributed to the significant increasing of the NH specie within the discharge. This occurs because the recombination processes of the atomic Nitrogen with Hydrogen is much more effective than that the recombination processes of Nitrogen with Carbon and the recombination processes of Hydrogen with Carbon.

It is presented in fig. 3 the dependence of the electron temperature with the gas pressure for mixture of N₂/CH₄/H₂O in the proportion 95:4.8:0.2%. It can be appreciated that for pressures up to 2000 mTorr the electron temperature increases due to predominance of elastic processes. After reaching a maximum the electron temperature falls down indicating the predominance of inelastic

processes. This is in close agreement with the electron density behaviour presented in fig. 4 and also with the intensity of Ar emission presented in fig. 1.

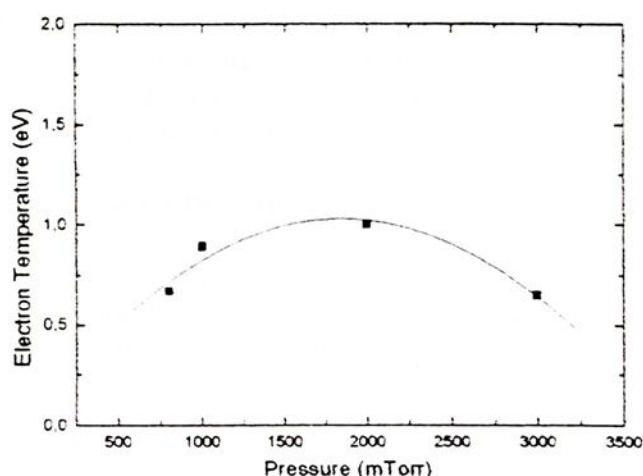


Figure-3 Dependence of the electron temperature with the total gas pressure for $N_2/CH_4/H_2O$ in the proportion of 95:4.8:0.2%.

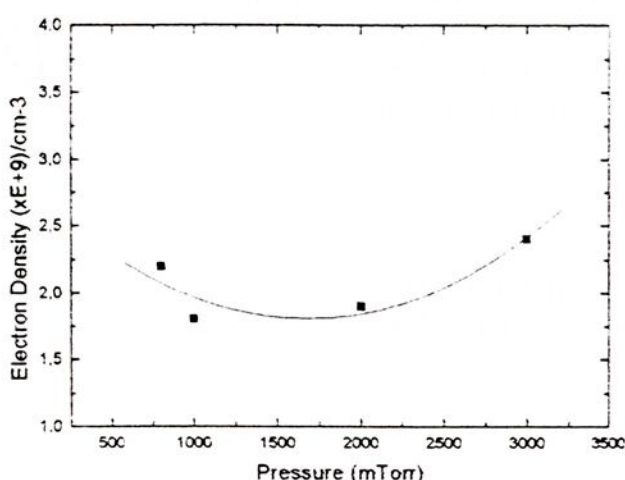


Figure-4 Dependence of the electron density with the total gas pressure for $N_2/CH_4/H_2O$ in the proportion of 95:4.8:0.2%.

Figure 5 shows the characteristic infrared absorption spectrum of the thin solid film formed over the substratum surface placed within the DC excited $N_2/CH_4/H_2O$ plasma. It can be seen the N-H stretching in 3350 and 3240 cm^{-1} . It should be mentioned that this band is superimposed to the hydroxyl band in 3480 cm^{-1} . The asymmetric C-H stretching in functional groups CH_2 and CH_3 appear in 2920 and 2872 cm^{-1} respectively. The $C\equiv N$ vibration, associated to nitrile group appears in 2200 cm^{-1} . In 1720 cm^{-1} the functional groups $C=O$ representative of carbonyl are superimposed by strong deformations of N-H in 1640 cm^{-1} associated to primary amine.

In spite of the fact that the ammount of free radicals in these films are very high, the presence of Nitrogen induces recombination processes that are more intense in comparasion to one that occurs with Oxygen present in atmospheric environment. Therefore the neutralization of these free radicals occur immediately after the film deposition.

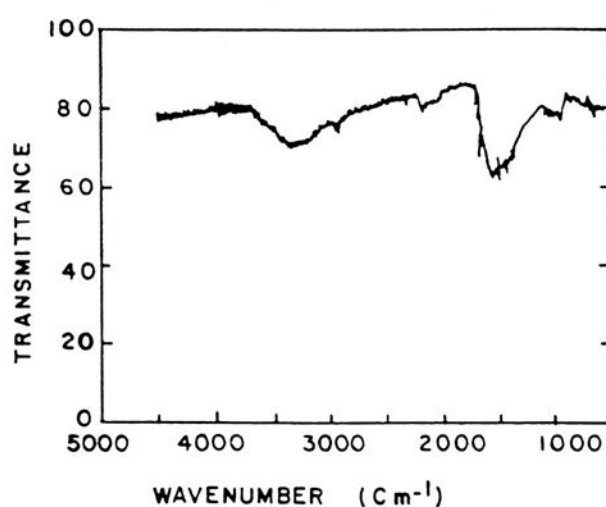


Figure-5 The characteristic infrared spectrum of the solid subproducts of the chemical reactions that occur within plasma environment.

SUMMARY

To summarize this paper describes the formation of solid subproducts of the chemical reactions that occur within DC excited $N_2/CH_4/H_2O$ plasmas. These solid subproducts deposited over Pyrex substratum are very stable when exposed to the atmospheric environment indicating an expressive neutralisation of the free radicals due to Nitrogen recombination processes. It can be mentioned that this Nitrogen incorporation to the solid subproduct may be enhanced by the small amount of water molecules present inside the plasma.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to express our gratitude to CAPES, CNPq, and PROPP-UNESP for financial support and Prof. Dr. Nélia Ferreira Leite of INPE, São José dos Campos, for the Fourier Transform Infrared Spectroscopy of the samples.

REFERENCES

- [1]- J. Weichart and J. Muller; *Journ. of Membr. Sci.* **86**, 87, (1994).
- [2]- N. P. Cheremisinoff; *JOM*, January, 10, (1990).
- [3]- P. Schreiber, M. R. Wertheimer and A. M. Wrobel; *Thin Solid Films*, **72**, 487, (1990).
- [4]- R. Gottscho, *Physics World*, March, 39, (1993).
- [5]- H. Yasuda, M. O. Bumgarner, H. C. Marsh and N. Morosoff; *Journ. Polym. Sci. Polym. Chem.* **14**, 195, (1976).
- [6]- R. P. Mota, T. Shiosawa, S. F. Durrant and M. A. B. Moraes; *Journ. Vac. Sci. Technol. A*, **13**(6), November, (1995).
- [7]- R. D'Agostino, F. Cramarossa, S. De Benedicts and G. Ferraro; *Journ. Appl. Phys.* **52**, 1259, (1981).
- [8]- R. P. Mota, M. E. Kayama, J. M. Bartelega, J. C. Teixeira and E. A. Aramaki, in *Proceedings of 1994 International Conference on Plasma Physics, Foz do Iguaçu, Brazil, November 1994*, edited by P. H. Sakanaka, E. Del Bosco and M. V. Alves, (Gráfica do INPE, São José dos Campos, SP, Brazil), p. 325.
- [9]- J. C. Teixeira, J. R. R. Bortoleto, R. P. Mota, L. C. G. Mota, M. A. Algatti, and M. E. Kayama; *Proceedings do 3º Encontro Brasileiro de Física dos Plasmas, Águas de Lindóia, Dezembro 1995*, (Gráfica do INPE, São José dos Campos, SP, Brazil), p. 64.
- [10]- S. F. Durrant, R. P. Mota and M. A. B. Moraes; *Thin Solid Films*, **220**, 295, (1995).
- [11]- S. F. Durrant, E. C. Rangel and M. A. B. Moraes; *Journ. Vac. Sci. Technol. A*, **13**, 1, (1995).
- [12]- H. Yasuda; *Journ. Polym. Sci. Macromol. Rev.* **16**, 199, (1981).

Apêndice B

**Trabalho apresentado na XXII Reunião Anual da
Sociedade Astronômica Brasileira, São Lourenço,
Brasil, 1996.**

Nascimento, L.F.C., Bortoletto, J.R.R., Mota, R.P., Descargas
Elétricas em Titan: Origem de Espécies Químicas, in Boletim da
Sociedade Astronômica Brasileira, pag 53, vol16, nº 1 , 1996



DESCARGAS ELÉTRICAS EM TITAN: ORIGEM DE ESPÉCIES QUÍMICAS

Luiz Fernando C. Nascimento, Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia. UNESP-Campus de Guaratinguetá; J.R.R. Bortoletto, Lab de Física de Plasma. UNESP-Campus de Guaratinguetá; Rogério P. Mota, Lab de Física de Plasma. UNESP-Campus de Guaratinguetá

Titan é o segundo maior satélite do Sistema Solar e o único corpo, além da Terra a possuir uma densa atmosfera. Os encontros das naves Voyager 1 e 2 analisando a composição da sua atmosfera detetou N_2 e CH_4 como seus componentes principais, além de outros hidrocarbonetos.

Em nosso laboratório simulamos um ambiente semelhante ao da atmosfera de Titan utilizando uma mistura de $N_2:CH_4:H_2O$ (94,8:5:0,2) considerando a presença da água como originária da queda de cometas ,meteoros e outros planetesimais; dando descargas de 25 W nesta mistura, sob pressões que variavam de 800 mTorr a 3000 mTorr, estudamos o aparecimento das espécies CN , OH^+ , CO_2 e NH ; estas espécies foram detetadas num espectrógrafo óptico, usando actinômetria com Argônio; a pressão onde havia uma maior concentração relativa destas espécies era 2000 mTorr, que corresponde a uma altitude de 180 km. O interesse nestas espécies é o papel que desempenham na síntese de amino-ácidos e de importância prébiótica.



Apêndice C

**Trabalho apresentado na XXII Reunião Anual da
Sociedade Astronômica Brasileira, São Lourenço,
Brasil, 1996.**

Mota, R.P., Bortoletto, J.R.R., Nascimento, L.F.C., Polimerização
em atmosferas planetárias, in Boletim da Sociedade Astronômica
Brasileira, pag 54, vol, nº16, nº 1 , 1996



POLIMERIZAÇÃO EM ATMOSFERAS PLANETARIAS.

Rogério P. Mota, Lab de Física de Plasma, UNESP-Campus de Guaratinguetá.

J.R.R.Bortoletto, Lab de Física de Plasma, UNESP-Campus de Guaratinguetá.

L.F.C. Nascimento, Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia, UNESP-Campus de Guaratinguetá.

Descargas elétricas em vapores e/ou gases orgânicos, geram, em ambientes propícios, formação de materiais poliméricos que podem abranger estruturas moleculares cujas cadeias podem conter de dezenas até milhões de átomos de Carbono, além de formar macromoléculas. Neste trabalho apresentamos a composição química das configurações poliméricas obtidas em descargas de Hidrocarbonetos misturados com Nitrogênio e vapor de água, provável composição da atmosfera de Titan. Observamos que espécies CH e CN analisadas espectroscopicamente na descarga, são elementos fundamentais e/ou blocos formadores na síntese destes materiais, com estrutura de polímero, gerando ligações C-H e C-N, investigadas por espectrofotometria IR, na região de 5000 cm^{-1} a 400 cm^{-1} . Acreditamos que entre outros fatores, estas espécies podem gerar um ambiente espalhador de luz, tal que dificulte a observação deste satélite.



Apêndice D

Trabalhos aceitos e/ou apresentados em Congressos Nacionais e Internacionais, não relacionados diretamente com o tema da Dissertação, mas na área de Física.



1) Trabalho aceito na XIX Encontro Nacional de Física de Matéria Condensada, Águas de Lindóia, SP, 1996.

NASCIMENTO, L.F.C., BOTURA JR, G., MOTA, R.P. ;
Crescimento de *E Coli* submetida a Campos Magnéticos



XIX ENCONTRO NACIONAL DE FÍSICA DA MATÉRIA CONDENSADA

02 a 06 de setembro de 1996

Águas de Lindóia, SP

Nome do Apresentador: Luis Fernando C. Nascimento

Sigla do Grupo e Tema do Trabalho (conforme lista em anexo)

Sigla Tema

B I O

Física Médica e Biologia

tipo de apresentação preferida: ☐ Oral ☒ Painel

CRESCIMENTO DE *E. COLI* SUBMETIDA A CAMPOS MAGNÉTICOS

Luiz Fernando C Nascimento^{}, Galdenoro Botura Jr^{**}, Rogério P. Mota^{*}*

Departamento de Física e Química^{*}, Departamento de Eletricidade^{**} - UNESP/Guaratinguetá

Palavras-Chave: campos magnéticos, *E. Coli*, metabolismo

Nos últimos 60 anos tem havido um crescimento exponencial de aparelhos elétricos e eletrônicos de uso pessoal e doméstico, bem como a expansão de linhas de transmissão de corrente elétrica. O interesse da ação de Campos Magnéticos (CM) sobre o organismo humano vem crescendo, chegando a tentativas de relacionar determinados tipos de cânceres, como as Leucemias, com a exposição a CM, prolongadamente: ação de CM gerados por corrente contínua, por nós estudada, mostrava que campos intensos como 140 Gauss, estimulava o crescimento da bactéria *E. Coli*, quando comparado com campos de 2,5 e 37 Gauss; a mesma *E. Coli* quando submetida a campos de frequência da ordem de 59 e 143 GHz, apresentava alterações no seu metabolismo. Neste trabalho foram expostas colônias de *E. Coli* cepa C-600, suspensas em meio apropriado, a CM gerado por corrente alternada, da ordem de 21,5 mG, por 24 horas, nas frequências de 100 Hz, 10 KHz e 1 Mhz; para cada frequência foi usado também um tubo "controle" com a mesma quantidade inicial de colônias de *E. Coli*. A cada 30 minutos era medida num Espectrofotometro Micronal B 395, em 550 μ m, a transmitância óptica dos tubos controle e exposto; a turvação do meio significa crescimento bacteriano. Os resultados obtidos, mostram que o crescimento da *E. Coli*, era maior quando exposta à frequência de 100 Hz se comparado ao tubo controle, ao contrário das outras frequências; por outro lado, quando exposta à frequência de 100 Hz a *E. Coli* turvava mais rapidamente o meio, isto é, crescia mais rapidamente que quando exposta às frequências de 10 KHz e 1 Mhz. Concluimos que em frequências próximas da frequência usual de aparelhos domésticos e hospitalares, o crescimento da *E. Coli* é estimulado ao passo que em frequência maiores, há uma inibição de seu crescimento.

Não dobrar no retângulo, não rasurar, não amassar.

Enviar original e 2 cópias xerox.



**2) Trabalho apresentado na 48º Reunião Anual da
SBPC, São Paulo, 1996.**

BOTURA JR, G., NASCIMENTO, L.F.C., MOTA, R.P, ; Campos
Magnéticos Pulsados em *E Coli*.



CAMPOS MAGNÉTICOS PULSADOS EM *E. COLI*.

Galdenoro Botura Jr

(Departamento de Eletricidade UNESP Campus de Guaratinguetá)

Luiz Fernando C. Nascimento

(Unidade de atendimento Médico, Odontológico e Social (UNAMOS) UNESP Campus de Guaratinguetá)

Rogério Pinto Mota

(Departamento de Física e Química UNESP Campus de Guaratinguetá)

(INTRODUÇÃO) Campos magnéticos e Eletromagnéticos (CM) vem sendo estudados para-se avaliar possíveis danos no organismo humano, tais como leucemias em crianças; trabalhadores da rede elétrica que se expõe prolongadamente a estes efeitos mostram alterações cromossômicas. Nosso objetivo é estudar o crescimento de *E. Coli* O-55, quando submetida a campos de 21,5 mG e 2,15 G. (METODOLOGIA). As colônias de *E. Coli* foram suspensas em meio de cultura apropriado (caldo glicosado) e expostas a campos magnéticos pulsados, deixando que se aplicasse somente a porção positiva da onda. Os tubos eram colocados em solenóides pelos quais passava o campo magnético. Os pulsos eram gerados por uma fonte de tensão de onda quadrada e selecionados, somente no seu ciclo positivo, através de um osciloscópio. As correntes resultantes, de 10 μ A e 100 mA, na frequência de 100 Hz; foram usadas para a geração do campo. A cada 30 minutos os tubos expostos e o controle tinham suas densidades ópticas medidas num Espectrofotômetro Nacional, no comprimento de onda de 550 μ m. As exposições ocorriam à temperatura de 30 ° C e duravam 24 horas. Findo este tempo, consideramos a densidade óptica do tempo zero como padrão e as demais eram obtidas através da divisão pelo padrão; comparamos então os dados obtidos pela exposição aos campos de 21,5 mG e 2,15 G, sendo que foi feita uma redução dos dados entre as colônias expostas ao CM e as colônias controle.(RESULTADOS) Observamos que as colônias que foram expostas ao campo menos intenso, se desenvolveram mais acentuadamente que as expostas ao campo de 2,15 G; isto se observa na relação menor que 1, isto é , densidade óptica da colônia exposta ao CM de 21,5 mG em relação à densidade óptica da colônia controle e a relação sempre maior que 1 nas expostas ao CM de 2,15 G. (CONCLUSÕES) Por estes resultados podemos concluir que frequências próxima da usual - 100Hz- e campos pouco intensos podem estimular o crescimento de bactérias; tais resultados podem levar à necessidade de se manter certa proteção ao organismo humano quando infectado por esta bactéria e colocado sob estas frequências.



3) Trabalho apresentado na 48º Reunião Anual da SBPC, São Paulo, 1996.

BOTURA JR, G. , NASCIMENTO, L.F.C., MOTA, R.P., COSTA, A.A.S., ALMEIDA, G.; Um instrumento dedicado à geração de Campos Eletromagnéticos Pulsados



UM INSTRUMENTO DEDICADO À GERAÇÃO DE CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS PULSADOS

Galdenoro Botura Jr

(Departamento de Eletricidade (DEL) - UNESP Campus de Guaratinguetá)

Luiz Fernando C. Nascimento

(Unidade de Atendimento Médico, Odontológico e Social (UNAMOS) - UNESP Campus de Guaratinguetá)

Rogério Pinto Mota

(Departamento de Física e Química (DFQ)- UNESP Campus de Guaratinguetá)

Adriana A.S. Costa

(Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá - UNESP)

Gustavo Almeida

(Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá - UNESP)

(INTRODUÇÃO) Com o crescimento do uso da eletricidade como fonte de energia, principalmente na segunda metade deste século, houve um aumento da probabilidade de ocorrerem distúrbios de saúde nos seres humanos. Na literatura, aventam-se hipóteses do surgimento de casos de leucemia em crianças que vivem próximas a locais onde existem concentração de linhas de transmissão de alta tensão. Um trabalho que estuda a influência de campos eletromagnéticos em bactérias do tipo *E. Coli*, procurando-se, a partir dos resultados obtidos, extrapolá-los para os seres humanos, está sendo desenvolvido na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, UNESP. Uma característica das células é se poder modelar a sua membrana como um capacitor. Com isto, a equipe acredita que um campo eletromagnético pulsado, agindo sobre a bactéria, seja mais efetivo do que um campo contínuo. Para a geração deste campo, com as características desejadas, desenvolveu-se um instrumento dedicado a este fim. (METODOLOGIA) Para especificação do instrumento, analisou-se as peculiaridades do campo que se queria gerar. Características como faixas de frequência, intensidade de corrente, geração de campos com formas de ondas diferentes da senoidal e da contínua, tempo de duração, dentre outras foram analisadas. As possibilidades do instrumento vir a ser utilizado por pessoas fora da área de instrumentação eletrônica, como um técnico de laboratório em biologia, foram consideradas. A partir desta especificação projetou-se e montou-se o protótipo do instrumento. (RESULTADOS) O instrumento, na sua versão atual, possibilita a geração de campos com pulsos inicialmente, entre 1s e 10s, podendo, porém, estes valores serem facilmente alterados, em função de novas necessidades, através das mudanças de alguns de seus componentes. Dentro deste intervalo de tempo, e através de uma fontes externa, pode-se acoplar sinais de diferentes formas de onda e frequência. O tempo do pulso é mostrado através de displays, não se exigindo outros tipos de instrumentos, como um osciloscópio, para se regulá-lo. (CONCLUSÃO) A necessidade de um aparelho que facilitasse a obtenção de campos eletromagnéticos pulsados, levou ao desenvolvimento de um instrumento versátil e que se tem mostrado extremamente útil, dentro das funções que dele se exige. O seu uso, permite que pessoas leigas possam operará-lo sem maiores dificuldades facilitando, com isto, a obtenção dos resultados desejados.



4) Trabalho aceito no III FNCTS, Campos do Jordão, 1996

NASCIMENTO, L.F.C BOTURA JR, G. ., MOTA, R.P.; Influência de Campos Magnéticos no Consumo de Glicose em *E Coli*



Influência de Campos Magnéticos no Consumo de Glicose em *E. Coli*

Luiz Fernando C. Nascimento¹; Galdenoro Botura Jr.²; Rogério P. Mota³

¹ UNAMOS, UNESP- Campus de Guaratinguetá

² Depto de Eng. Elétrica, UNESP-Campus de Guaratinguetá

³ Depto de Física e Química, UNESP-Campus de Guaratinguetá
Av Ariberto P da Cunha, 333 - 12500-000 - Guaratinguetá (SP)

Resumo: Foram medidas as taxas de Glicose em 12 amostras de caldo glicosado contendo *E. Coli*, submetidas a Campos Magnéticos de 25 Gauss, mostrando aumento de consumo de glicose nos tubos expostos ao Campo Magnético.

Abstracts: Glucose's rate was measured in 12 samples with *E. Coli* when submitted at Magnetic Fields at about 25 G. The samples exposed at the Magnetic Fields, showed an increasing in glucose's rate when compared with control group.

Introdução:

O uso de Eletricidade tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas mas pouco se sabe sobre seus efeitos na saúde humana. Desde há alguns anos, tem se tentado mostrar uma ligação entre Campos Eletro-Magnéticos (CEM) e determinados tipos de cânceres em crianças, como leucemias, linfomas e tumores de sistema nervoso central⁽¹⁾. Perry⁽²⁾ em 1994 faz uma revisão de diversos trabalhos mostrando risco aumentado de cânceres em populações que vivem ou trabalham em condições de exposição a CEM de 1 a 30 mG, risco este até 7 vezes maiores aos não expostos. Nair⁽³⁾ numa revisão também mostra risco aumentado quando da exposição a CEM de frequências muito baixas, isto é, da ordem de 300 Hz ou menos. Trabalhando com *E. Coli*, submetida a Campos de Corrente Contínua, da ordem de 140 Gauss, encontramos um crescimento aumentado destas bactérias quando comparado a Campo da ordem de 2,5 Gauss⁽⁴⁾. A *E. Coli* é uma enterobactéria, que costumeiramente não nos causa dano; porém, algumas de suas cepas, podem causar transtornos de natureza grave; mede cerca de 2 μ m de comprimento, não apresenta membrana nuclear e tem 2 cromossomos; é dotada de uma membrana plasmática e uma parede celular rígida de 20 nm de espessura⁽⁵⁾. O transporte de glicose é feito através da membrana por Difusão Facilitada (DF) como também o é para amino-ácidos e algumas vitaminas; este processo é aquele pelo qual algumas moléculas atravessam a parede a favor de um gradiente, sem gasto energético e com velocidade maior que a

Difusão Passiva. Crê-se que a DF se deva à presença de um transportador que se combine com o soluto penetrante; este transportador poderia ser proteína⁽⁶⁾. Descreveremos o comportamento desta bactéria, quanto ao consumo de glicose, que é um indicador do metabolismo, quando é submetida a Campos Magnéticos (CM) estimados em 25 G.

Metodologia:

Foram semeadas colônias de *E. Coli* O55, em solução de Caldo Glicosado, meio de cultura adequado para seu crescimento, em 12 tubos pareados com outros 12 tubos, sendo chamados "Exposto" e "Controle"; em seguida, os "Exposto" foram colocados em solenóides que foram ligados a fonte de tensão alternada de 60 Hz, fornecedora de corrente de 100 mA, gerando um Campo Magnético estimado em 25 G. Esta estimativa foi obtida através da expressão⁽⁷⁾:

$$B = \mu_0 n I$$

A exposição durava de 6 a 8 horas dependendo da turvação do meio, que indicava crescimento bacteriano e a temperatura de exposição tanto do tubo "Exposto" como do "Controle", era a temperatura ambiente. Em seguida os tubos foram examinados para a taxa de glicose que foi medida por meio enzimático-colorimétrico, em fotocolorímetro Spectronic-21.

Resultados:

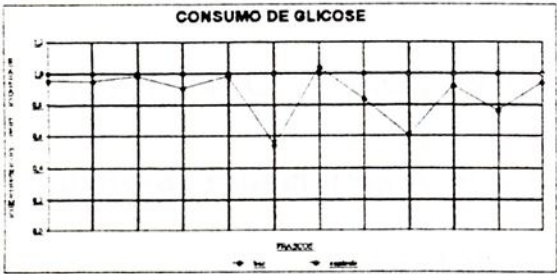
Os resultados estão na tabela 1 e são dados em mg % de glicose.

Tabela 1: taxas de glicose nos tubos "Controle" (C) e "Exposto" (E) , em mg%

tubos	1	2	3	4	5	6
C	147	117	120	114	117	41
E	141	111	118	103	115	22
tubos	7	8	9	10	11	12
C	104	103	5	114	41	117
E	108	86	3	105	31	110

Dividiram-se os valores dos tubos "Exposto" pelos valores dos tubos "Controle" e normalizamos os tubos "Controle" montando assim o gráfico 1 abaixo:

Gráfico 1 : Consumo de Glicose normalizado



Discussão e Conclusões:

O aumento do consumo de glicose por nós encontrado poderia ser explicado pela ativação do transportador anteriormente citado, que também permitiria uma entrada maior de outras moléculas até mesmo antibióticos; por outro lado, o consumo maior de glicose indica uma taxa aumentada do metabolismo bacteriano, quando submetida a CM; a proporção do consumo de glicose pela bactéria exposta, chega até a 1,67 vezes ao da bactéria controle (vide tubo 9); somente em um tubo não houve um consumo maior pela bactéria exposta.No gráfico atribuiu-se o valor 1 para os "Controle" e valores menores que 1 para os "Exposto" pois eram resultados da razão "Exposto"/"Controle"; como continuação deste trabalho estamos investigando a

ação de CM de menores intensidades e frequências diferentes, sobre esta bactéria.

Referências:

(1) Olsen J H, Nielsen A, Schulgen G. Residence near high voltage facilities and risk of cancer in children . *BMJ* vol 307, p 891-5, 1993.

(2) Perry T S. Today's view of magnetic fields. *IEEE Spectrum* dezembro, p 14-23, 1994.

(3) Nair I, Morgan M G. Eletromagnetic fields: the jury's still out.*IEEE Spectrum* agosto,p. 23-27,1990.

(4) Nascimento LFC et al. Ação de Campos Magnéticos gerados por corrente contínua, em *E.Coli*. VII Congresso de Iniciação Científica-UNESP ,p.163, 1995.

(5) Bier, O. Microbiologia Médica. Ed. Melhoramentos, 24º Edição, 1985, pag 79 e 609

(6) Junqueira L C , Carneiro J. Biologia Celular e Molecular. Guanabara-Koogan, 5º ed, 1991, pag 86

(7) Alonso, M., Finn, E.J., *Física : um curso universitário, vol II*. Ed Edgar Blücher, 1972, p. 164

**5) Trabalho apresentado na XXII Reunião da
Sociedade Astronômica Brasileira, S. Lourenço,
1996.**

NASCIMENTO, L.F.C., NASCIMENTO, A.L.C., MOTA, R.P.;
Atmosferas Planetárias. Um obstáculo à Panspermia ? in Boletim da
SAB, vol16, nº1, pag 54, 1996



ATMOSFERAS PLANETÁRIAS. UM OBSTÁCULO À PANSPERMIA?

L.F.C. Nascimento. Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia, UNESP-Campus de Guaratinguetá. A.L.C. Nascimento. Depto. de Microbiologia, Fac. Med. Taubaté. Rogério P. Mota. Lab de Física de Plasma, UNESP-Campus de Guaratinguetá.

A origem da vida na Terra tem entre outras correntes, a Panspermia, defendida por Arrhenius e Oparin; esta propõe que a vida tenha se originada em outros sítios do Universo e transportada para a Terra sob a forma de microorganismos, por exemplo, bactérias. Simulamos em nosso laboratório o comportamento da bactéria *E. Coli* ao adentrar nosso planeta. Colocamos em tubos de ensaio estéreis, colônias desta bactéria, fornecida por Laborclin, rótulo ATCC 25922; foram vedados e colocados em estufa a 190° C por 90 segundos, simulando a entrada na atmosfera terrestre; em seguida, adicionou-se caldo glicosado aos tubos como fonte de alimento e semeados em placas de meio de cultura apropriado. Após 24 e 48 h de semeadura, não houve crescimento bacteriano. Diante destes dados parece-nos difícil a sobrevivência de bactérias após entrar na atmosfera. Talvez com proteção térmica fornecida por grãos interplanetários, haja possibilidade de sobrevivência e colonização de planetas.



6) Trabalho submetido e aceito ao VII Congresso Latino-Americano de Engenharia Biomédica , Bucaramanga, Colômbia, 1996

Nascimento, L.F.C., Mota, R.P., Botura Jr, G. ;
Glucose's consume under Magnetic Fields in *E. Coli*

Glucose's consume under Magnetics Fields in *E Coli*

Luiz Fernando C. Nascimento ¹

Rogério P. Mota ¹

Galdenoro Botura Jr ²

¹ Laboratório de Física de Plasma - UNESP Guaratinguetá- SP Brasil

² Depto. de Engenharia Elétrica - UNESP Guaratinguetá- SP Brasil

Abstract : Glucoses' rate are measured in 24 samples with *E Coli* in suitable environment and are submitted to Magnetics Fields (MF) at about 25 G at frequencies of 60 Hz and 400 Hz. The samples are grouped in two class and after the exposition, the glucose's rate are evaluated, showing an increase in class exposed at 60 Hz, when are compared with control group; however, the class exposed at 400 Hz, don't show significative variance in glucose's rate, when are compared with control group.

Introduction

The use of eletricity has considerably increased in the last decades, however very little is known about its eddects in human health. Recently, one has tried to show a conection between Eletromagnetic Fields (EMF) and certain types of tumors in children, such leukaemias, lymphomas and others neoplasms ¹. Perry ² presented in 1994 a revision of several works showing the increased risk of cancer in population that live or work exposed to EMF of 1 to 30 mG, such risk is until seven times higher than the not exposed ones. Nair ³ also showed the increased risk for exposure to an EMF with very low frequencies, i.e., of the order of 300 Hz or less. Working with *E.Coli* exposed to fields of the order of 140 G, produced by continuous tension font, we found an increased growth of these bacteria when compared to the case of a field of 2.5 Gauss ⁴, and when the fields were pulsed, the growth was higer for exposure to the lower fields ⁵. The *E.Coli* is an enterobacterium, that usually does not cause any harm to us; however, some of its classes may cause some dangerous problems; as a lenght of 2µm, does not have a plasmati membraneand hrs a rigid cellular wall of 20 nm of thickness ⁶. The glucose carry occurs through its membrane via Facilited Diffusion (FD) as it is for aminoacids and some vitamins; that is the process in which some molecules cross the wall in direction of a gradient, without spending energy and velocity higher than the Passive Diffusion. One believes that the FD is due to the presence of a carrier that combine itself with the penetrating solute; this carrier can be a protein ⁷. We reported an increased glucose's consume in *E.Coli*, when submitted at 60 Hz frequency ⁸.

Methodology

Colonies of *E.Coli* O55 were spreaded in suitable environment in 12 tubes for de 60 Hz group (E60), 12 tubes for 400 Hz group (E400) exposed at MF and 12 tubes for the control group (C) that didn't expose to MF. The tubes of 60 Hz and 400 Hz groups, were put in solenoid with connection an alternate tension font, with a current generating a estimate field of 25 G. The exposure spent 6 to 8 hours depending on the environment presents a muddy aspect, that indicated a bacterian growth. The tubes were exposed at room's temperature. Then the glucose's rate in each tube was examined using a enzymatic-colorimetric method.

Results

The results are given in mg % of glucose and are presented in tables 1 and 2.

table 1: glucose's rate in Control (C) and Exposed (E 60) group, em mg%

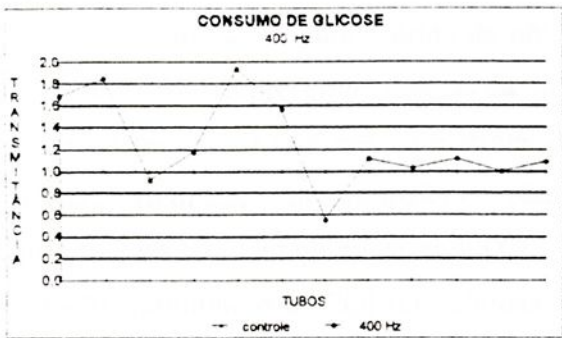
C	147	117	120	114	117	41
E60	141	111	118	103	115	22
C	104	103	117	114	31	5
E60	108	86	110	105	41	3

table 2 : glucose's rate in Control (C) and Exposed (E 400)group. em mg %

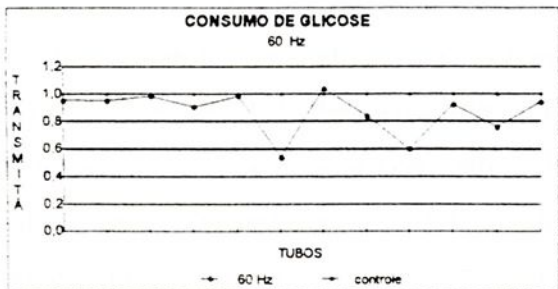
C	37	37	37	37	27	27
E400	62	68	34	87	32	52
C	27	27	69	69	69	69
E400	42	15	77	71	77	69

Dividing the values of the Exposed tubes by the values of the Control tubes normalizing the Control tubes, we generated the graphics bellow:

graphic 1: glucose's rate (Consumo de Glicose) at 400 Hz group when compared with Control group



graphic 2 : glucose's rate (Consumo de Glicose) at 60 Hz group when compared with Control group



Discussion

The incresae of glucose consume that we found for the 60 Hz frequency, could be explained by the activity of the carrier above related, which could also allow a higher entry of the other molecules; on the other hand, the higher glucose consume indicated an increased rate of the bacteria metabolism when exposed to the MF; in

this case there is an increased of glucose's consume at 1,67 times that of the Control bacteria. However, the 400 Hz frequency seems not to interfere with the glucose's consume by the bacteria. The higher consume could be explained by the larger opening of the cellular wall pores, as if they enter in ressonance with 60 Hz frequency. In only tube exposed at 60 Hz frequency didn't present a higher consume. In 400 Hz group, the consume of glucose dont follow a pattern, perhaps the ressonance phenomenum dont occur. The study at 60 Hz frequency is important because the eletrical nets wors at frequency, and could be harmful at human health.

References

(1) Olsen. J H., Nielsen. A., Schulgen. G. Residence near high voltage facilities and risk of cancer in children. *B M J* 307, 891-5, 1993

(2)Perry, T S . Today's view of magnetic fields. *IEEE Spectrum*, december, 14-23,1994

(3) Nair, I., Morgan. M G. Eletromagnetic fields: the jury's still out. *IEEE Spectrum*, august, 23-7, 1990.

(4) Nascimento, L F C. et al. Ação de Campos Mafnéticos gerados por corrente contínua em *E.Coli*. VII Congresso de Iniciação Científica-UNESP; 163, 1996

(5) Botura Jr, G. Nascimento, L.F.C., Mota, R.P. Campos Magnéticos Pulsados em *E.Coli*. 48º Reunião Anual da SBPC.

(6) Bier, O. Microbiologia Médica, Ed. Melhoramentos. 24º ed. 1985, pag 79 e 609.

(7) Junqueira, L.C.U., Carneiro, J. Biologia Celular e Molecular, Guanabara-Koogan, 5º ed. pag 86.

(8) Nascimento, L.F.C., Botura Jr, G. Mota, R.P. Influencia de Campos Magnéticos no Consumo de Glicose em *E.Coli*. Accepted in FNCTS, 1996

NASCIMENTO, L.F.C. *Compostos químicos gerados por descargas elétricas em atmosfera planetária simulada : o caso de Titan*. Guaratinguetá, 1996, 97 p. Dissertação (Mestrado em Física). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Guaratinguetá

RESUMO

Descargas Elétricas são uma forma de obtenção de polímeros a plasma; em especial a descarga luminescente, com energias da ordem de alguns eletron-volt. Ela pode simular a entrada de raios cósmicos ou elétrons do meio interestelar ou da magnetosfera de planetas vizinhos, em atmosferas planetárias. Estuda-se o comportamento de determinadas espécies químicas como CH, OH, CN e NH, por Espectroscopia Óptica de Emissão Actinométrica (EOEA) , obtidas através deste tipo de descarga numa mistura gasosa de N_2 / CH_4 / H_2 0. Esta mistura simula a atmosfera de Titan, o maior dos satélites de Saturno, sob determinadas pressões que correspondem a altitudes de 180 a 220 km da superfície deste satélite. Estuda-se também um sub-produto obtido através deste tipo de descarga nesta mistura gasosa, através da espectroscopias infravermelha e de massa . As medidas das temperatura e densidade eletrônicas são analisadas. Os resultados obtidos da análise por EOEA mostram que sob pressão de 2 Torr ocorre um máximo de intensidade destas espécies e os resultados das espectroscopias mostram um sub-produto com inúmeros compostos cíclicos, ramificados, com ligações químicas nitrila, carbonila, amina e hidroxila, com massas moleculares de até 380. Este composto pode, entre outros fatores, ser responsável pela coloração da atmosfera de Titan e apresentar importante papel na síntese de compostos pré-bióticos.

Palavras-chave : Titan; descargas elétricas; atmosfera planetária; compostos químicos



NASCIMENTO, L. F. C. *Chemicals compounds produced by eletrical discharge in simulated planetary atmosphere : the case of Titan*. Guaratinguetá, 1996, 97 p. Dissertação (Mestrado em Física). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" . Campus de Guaratinguetá.

ABSTRACT

Eletrical Discharges are the manner for synthesis of polymer at plasma deposition; specially the glow discharge with energy at order of same eletron-volt. It can simulates an entry of cosmos rays and eletrons either interstellar medium or of magnetosphere of neighbourings planets, in planetary atmosphere . We report the behaviour of chemicals species by Actinometric Optical Emission Spectroscopy (AOES), produced by glow discharge in $N_2/CH_4/H_2O$ misture that simulates the atmosphere of Titan, the biggest satellite of Saturn, under pressure with correspondence at altitude to 180 from 220 km. We report an heteropolymer produced by this technique. It is analised by IR and Mass Spectroscopy. The measures of eletronics temperature and density are performed. The results shows an maximal intensity at 2 Torr pressure where the chemicals species, are produced. The IR and Mass Spectroscopy reveal cyclics and ramified compounds and chemicals bonds like nitriles, amines, hydroxyl and carbonyl groups. with molecular masses at 380. This compound can be responsible for the orange colour of Titan's atmosphere and can contribute at prebiotics compounds synthesis.

Keywords : Titan; eletrical discharge; planetary atmosphere; chemical compounds



