

Sala 5  
Gab. -  
Est. 56  
Tab. 19  
N.º 59



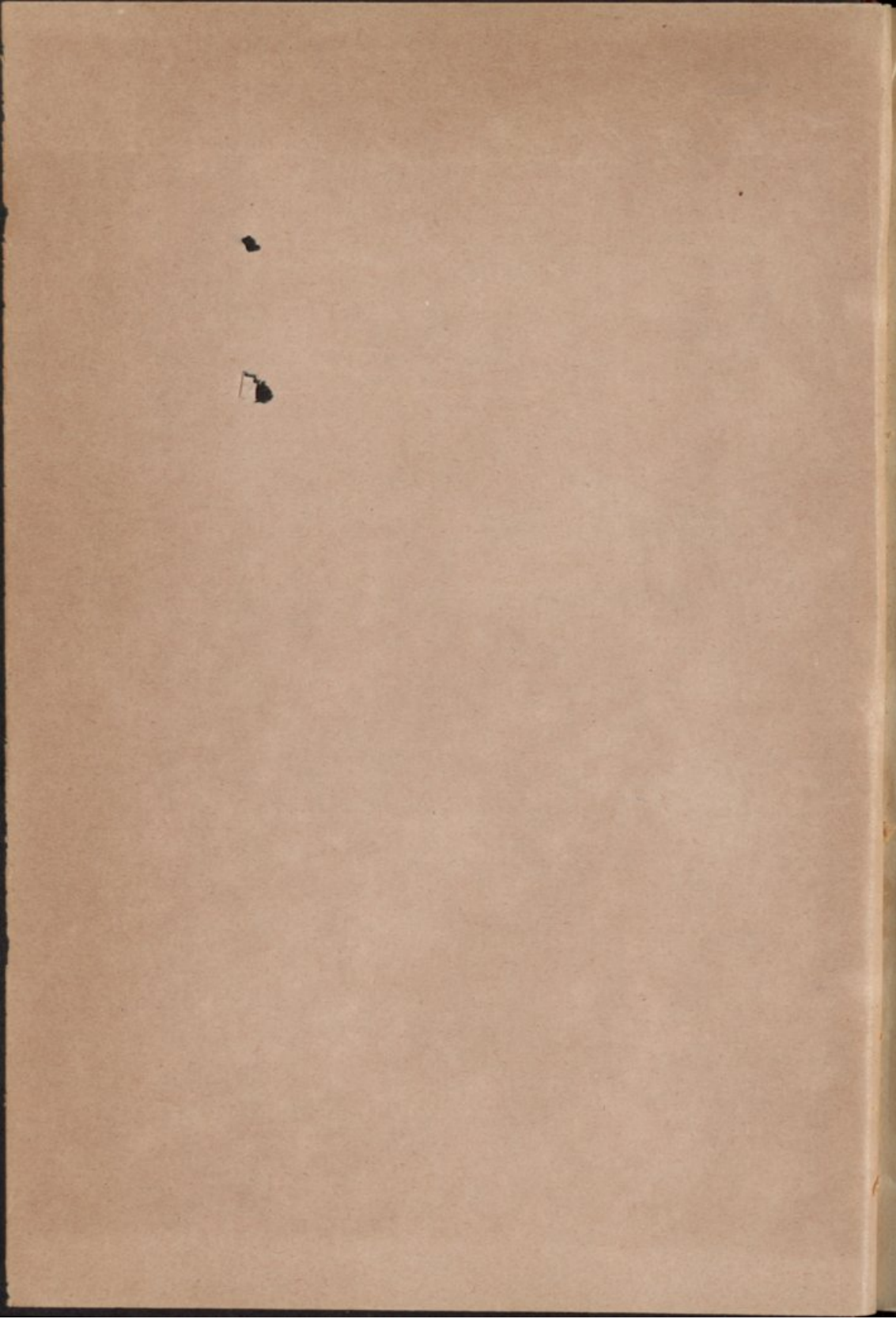
UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
Biblioteca Geral



130173621X

b 1705509X







A' Bibliotheca da Universidade

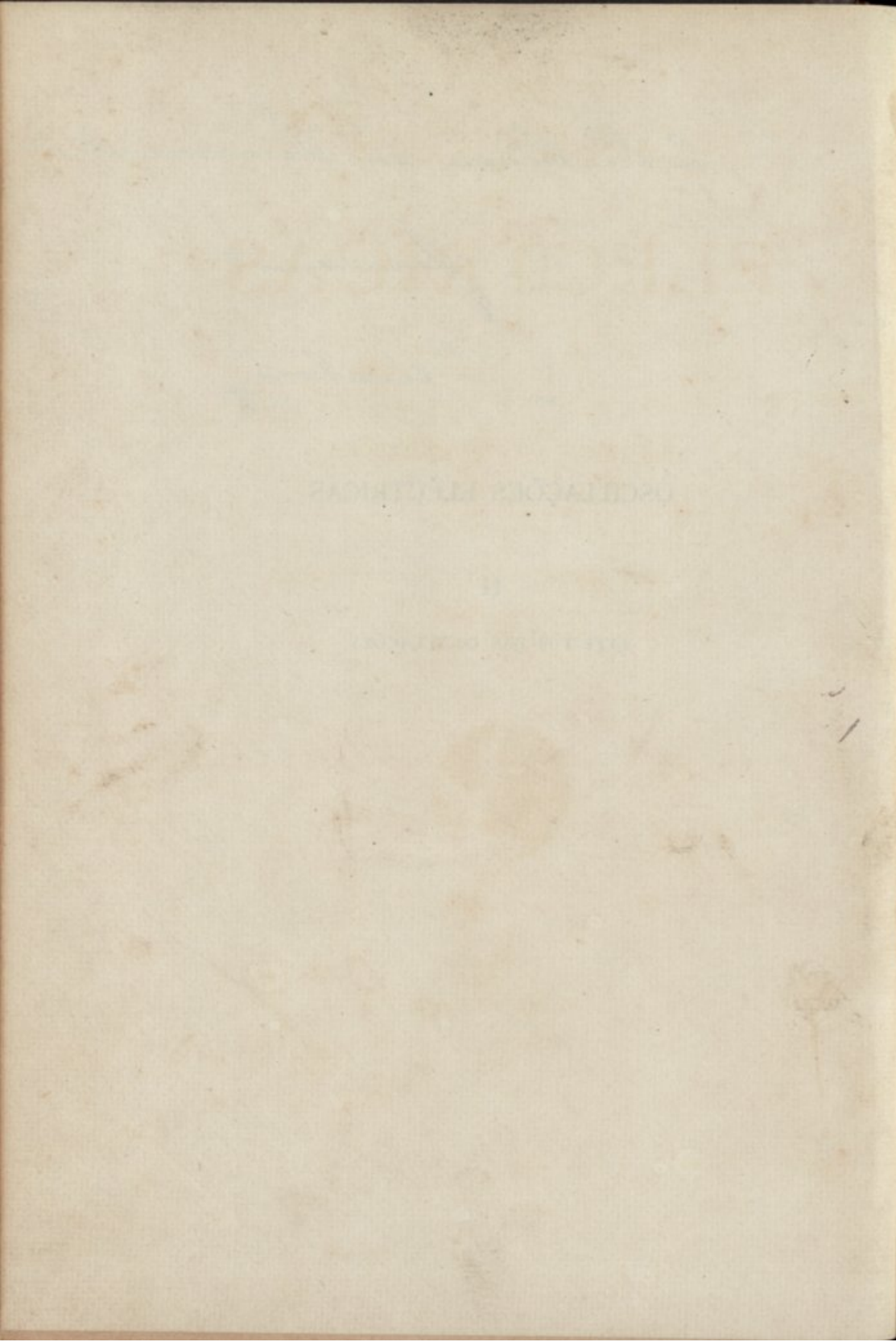
Francisco

Castro

OSCILLAÇÕES ELÉCTRICAS

II

EFFEITOS DAS OSCILLAÇÕES



OSCILLAÇÕES  
ELÉCTRICAS

II

Efeitos das oscillações

POR

A. A. M. VELLADO ALVEZ PEREIRA DA FONSECA

DOCTOR EM PHILOSOPHIA NATURAL



COIMBRA

TYPOGRAPHIA FRANÇA AMADO

1897



# OSCILAÇÕES ELÉCTRICAS

Tratado de Física Experimental  
Lição das Oscilações

A. M. VILLIARD DE MANSBROUKE DA UNIVERSIDADE DE BRUXELAS



COLEÇÃO

TRATADO DE FÍSICA EXPERIMENTAL

1907

DISSERTAÇÃO PARA CONCURSO

A UM

LOGAR DE LENTE SUBSTITUTO

DA

Faculdade de Philosophia Natural

DA

UNIVERSIDADE DE COÍMBRA

DISERTACÃO PARA CONCURSO

LOGAR DE LIXEIRA MORTUA

Faculdade de Philosophia Natural

UNIVERSIDADE DE COIMBRA



## CAPÍTULO I

### EFEITOS DE TENSÃO

#### II

### EFEITOS DAS OSCILAÇÕES

As tensões que se desenvolvem em um material submetido a oscilações de tensão e compressão alternadas, são muito superiores às que se desenvolvem em um material submetido a uma tensão constante. Este fato é devido ao fato de que, em um material submetido a oscilações de tensão e compressão alternadas, há uma completa reversão das moléculas e sistemas de ligação e consequentemente.

As conclusões de W. de Weibull de 1921 no "American Institute of Electrical Engineers" é de que os efeitos de tensão e compressão alternadas, são os mesmos que os de tensão e compressão constantes. Este fato é devido ao fato de que, em um material submetido a oscilações de tensão e compressão alternadas, há uma completa reversão das moléculas e sistemas de ligação e consequentemente.

II

REPETOS DAS OSCILAÇÕES

## CAPITULO I

### EFFEITOS DE TESLA

Está ainda na memória de todos aquelles, que se empenham pelos progressos da sciência o interesse despertado em 1892 pelas conferências feitas na Europa por Nicolau Tesla.

Póde dizer-se, que as experiências então apresentadas suscitáram a curiosidade universal; abrindo aos physicos e aos physiologistas um caminho até ahi pouco explorado, promettiam ao público uma completa revolução nos actuaes systemas de illuminação e aquecimento.

As conferências de 21 de maio de 1891 no «American Institute of Electrical Engineers» e as que realisou, a pedido, em Inglaterra na «Institution of Electrical Engineers» e na «Royal Institution», e em França na «Societé Internationale des Eléctriciens» e na «Societé Française de Physique» representam outros tantos triumphos para o illustre electricista, cuja fama a imprensa diária se encarregou de espalhar pelo mundo inteiro.



Regressando á América, Tesla fez ainda mais duas conferências; uma em fevereiro de 1893 no «Franklin Institute of Philadelphia» outra, em S. Louis, no «National Electric Light Association», onde foram poucos os 5:000 logares destinados ao público. tal era o interesse em conhecer as novas experiências.

Occupámo-nos já noutro logar (1) dosapparelhos empregados por Tesla para obter altas frequências e elevados potenciaes.

Vejamos agora as principaes experiências por elle apresentadas (2).

#### PHENÓMENOS ELECTRO-ESTÁTICOS

**1. Fórmias da descarga.** Fazendo atravessar um carrete d'inducção por correntes alternativas de

(1) *Oscillações eléctricas*, 1, pag. 37.

(2) *The inventions, researches and writings of Nikola Tesla*, by Thomas Commerford Martin, New York, 1894.

*Experimente mit Strömen hoher Wechselzahl und Frequenz zusammengestellt von Etienne de Fodor*, Leipzig, 1894.

*Revue générale des Sciences pures et appliquées*, tom. iv, 1893, pag. 209 — *Hauts potentiels et hautes fréquences électriques*.

*Revue Scientifique*, tom. XLIX, 1892, pag. 307 — *L'éclairage par les courants à alternances rapides et à haut potentiel*.

*Journal de Physique théorique et appliquée*, 3<sup>me</sup> série, tom. II, 1893, pag. 126. *Notice sur les expériences de M. M. Elihu Thomson et Tesla*.

grande frequência, os primeiros efeitos observados são análogos aos phenomenos luminosos produzidos pelas descargas eléctricas de grande tensão.

A' proporção, que augmenta o numero de inversões da corrente por segundo o aspecto da descarga varia, sendo possível distinguirem-se cinco fórmás differentes.

Em primeiro lugar, quando o carrete é atravessado por correntes fracas mas bastante frequentes, estabelece-se entre os seus polos um arco de descarga, com o aspecto dum delgado filete luminoso ligeiramente corado.

Este arco é muito sensível; basta respirar nas proximidades do carrete para o ver desviar da sua posição. Mesmo quando protegido das correntes de ar oscilla constantemente, o que provavelmente é devido á acção das poeiras existentes na atmosphera.

Approximando os polos do carrete de modo, que o intervallo entre elles se reduza próximamente a um terço da distância explosiva, sòmente com difficuldade se consegue extinguir este arco embora elle seja fortemente soprado.

Esta estabilidade póde attribuir-se á pouca resistência, que a superfície de tam delgado filete offerece á massa d'ar deslocado.

Augmentando a corrente primária o filete alarga, transformando-se num arco branco muito brilhante, tam extenso como o carrete e tam grosso como um dedo.

E' muito sensível o calor desenvolvido, mas o que caracteriza esta espécie de descarga é a au-

sência dum som alto, que é sempre produzido pelas faíscas menos poderosas.

Augmentando mais a frequência, eleva-se também o potencial, e o carrete adquire pouco a pouco as propriedades das máquinas electro-estáticas, até que se obtem a *descarga irradiante*.

Desde este momento de todos os pontos do carrete sahem penachos luminosos, que abundam também no espaço comprehendido entre o fio primário e o tubo isolador do secundário.

Sendo o potencial muito elevado, estas descargas em penacho têm sempre logar, ainda no caso de ser pequena a frequência, e mesmo que o fio primário do carrete esteja isolado por camadas duma pollegada d'espessura de cera, de cauchú, de vidro ou de qualquer outro isolador.

Este phenómeno, que limita o emprego do carrete foi evitado por Tesla isolando, como se sabe (1), com particular cuidado o seu transformador.

A intensidade destas apparências luminosas depende também da frequência e das dimensões do carrete; se este fôr de grandes dimensões as faíscas podem apparecer mesmo, que as correntes alternem poucas vezes por segundo.

E' o que Tesla verificou num carrete com uma resistência de 67.000 ohms, cujo fio primário era isolado por uma camada d'ebonite de 19<sup>mm</sup> d'espessura; os penachos luminosos observavam-se

(1) *Oscillações eléctricas*, 1, pag. 42.



quando o número de inversões por segundo era inferior a 100.

Sendo intensas as apparencias luminosas, ouve-se um ruído análogo ao produzido pelas máquinas d'Holtz, mas muito mais intenso, ao mesmo tempo que se produzem grandes quantidades de ozono, que se revela pelo cheiro alliáceo espalhado na atmosphera.

Approximando mais os polos do carrete e augmentando ainda a frequência, obtem-se um feixe de pequenas faíscas dum branco argentino, que é talvez a fórmula mais bella destas descargas.

Finalmente, augmentando a frequência além de certo limite, observa-se a quinta fórmula da descarga.

Neste caso o carrete somente dá faíscas quando os polos estiverem muito próximos; a tendência para a dissipação da carga é tal, que mesmo produzindo-se os penachos luminosos nos polos não é possível tirar faíscas do carrete quando d'elle se approxima a mão ou qualquer outro conductor.

**2. Acção dos dieléctricos.** Neste caso os penachos luminosos parecem gosar da propriedade de atravessar com a maior facilidade grandes espessuras de corpos maus conductores.

Para observar este effeito é conveniente ligar aos polos do transformador duas esferas metálicas, que se possam approximar ou afastar, á vontade.

Estando as esferas em contacto e interpondo-lhes uma lâmina d'ebonite, a descarga produz á sua superficie um círculo luminoso de alguns centímetros de raio.

A passagem da corrente aquece e, passado pouco tempo, amollece a ebonite a tal ponto, que se póde por este processo soldar duas ou tres lâminas desta substância.

Sendo o intervallo entre as duas esferas bastante superior á distância explosiva, vê-se passar a descarga com a fôrma de penachos luminosos logo que entre ellas se colloque uma espessa lâmina de vidro.

A descarga parece effectuar-se através da massa do dieléctrico, mas na realidade não é assim.

Tesla attribue a formação destes raios luminosos á violenta agitação das moléculas d'ar, no espaço comprehendido entre as superficies das duas esferas carregadas de eléctricidades contrárias.

Quando entre as esferas sòmente existe ar, produz-se do mesmo modo o bombardeamento, mas demasiadamente fraco para ser visivel; interpondo-lhes um outro dieléctrico, augmenta o poder inductor, ao mesmo tempo que as moléculas d'ar projectadas encontrando um obstáculo, tornam o bombardeamento tam intenso, que se produzem os effeitos luminosos.

Tesla suppõe, que se obteria o mesmo phenomeno se por quaesquer processos mechânicos podéssemos imprimir ás moléculas d'ar uma agitação tam violenta, como a produzida pela descarga do seu transformador.

Lembra tambem, que uma corrente d'ar muito comprimido esgotando-se por um pequeno buraco póde tornar-se luminosa, caso incida num dieléctrico tal como o vidro, e que por este processo seria talvez possível produzir a phosphorescência daquelles corpos.

A acção dos dieléctricos é tanto maior, quanto maior fôr o seu poder inductor específico; é por isso, que os penachos apparecem com potenciaes muito elevados mesmo quando a lâmina de vidro tenha 5<sup>cm</sup> d'espessura.

Por outro lado o aquecimento produzido pelo bombardeamento é maior no vidro que na ebonite; quando a temperatura attinge certo valor, a descarga chega a abrir caminho atravez do vidro, e o arco retoma a fôrma primitiva.

Ligando aos polos do carrete um tubo de vidro com eléctrodos metálicos na parte externa, e esvaziando-o tanto quanto possível, vê-se que os eléctrodos se aquecem rapidamente, e que as extremidades do tubo se tornam muito phosphorescentes, emquanto que a parte média se conserva escura e durante algum tempo fria.

**3. Comparação da descarga dos transformadores com a das máchinas electro-estáticas.** Se em muitos pontos se assemelham, as descargas irradiantes dos transformadores d'alta tensão differem tambem em muitos outros das descargas das máchinas electro-estáticas.



A côr dos penachos não é violete como os penachos positivos, nem branca e brilhante como o dos negativos; é uma côr mixta resultante, sem dúvida, da rápida inversão dos polos.

O vento produzido pelas correntes, apesar de poder sentir-se a certa distância do carrete é sempre, porporcionalmente á intensidade da descarga, menor que o produzido pelo fluxo da electricidade positiva das máchinas electro-estáticas.

Pela natureza do phenómeno póde concluir-se, que o vento produzido pelo carrete será tanto menor quanto maior fôr a frequência e que o phenómeno deixará de ser sensível, ás pressões atmosphéricas ordinárias, quando ella exceda certo limite.

Com as frequências obtidas pelas máchinas de Tesla os effeitos sam sufficientes para fazer gyrar com grande velocidade grandes torniquetes, que se ligam aos polos do carrete.

Cada haste do torniquete despede numerosas faíscas, de modo que na obscuridade, tomam o aspecto de rodas de fogo.

Ligando o conhecido radioscópio de Crookes a um dos polos do transformador o fio de platina torna-se immediatamente incandescente e as palhetas de mica gyram como se o radioscópio fosse atravessado pela corrente duma bateria.

Esta experiência porem só dá resultado quando no interior do aparelho se tenha feito o vazio em alto grau, ou quando lá exista ar pròximamente á pressão ordinária.



Tesla attribue este phenómeno á conductibilidade do ar, que recebe a maior parte da corrente transmittida pelo fio conductor.

Com os carretes d'inducção atravessados pelas correntes alternativas podem, em geral, repetir-se as experiências, que ordinariamente se fazem com as máchinas electro-estáticas. Os effeitos produzidos sam porem mais enérgicos, devido ao grande poder destas descargas.

Ligando a um dos polos do carrete um pedaço de fio de cobre coberto d'algodão, os penachos, que partem de toda a superficie, sam tam intensos, que produzem um bello effeito luminoso.

Sendo elevados o potencial e a frequéncia, um fio isolado com cauchú parece, nas mesmas circumstâncias, revestido por uma bainha incandescente.

Substituindo estes fios por um outro nu, muito delgado, vê-se, que elle emite tambem poderosos penachos, e oscillando pendularmente ou descrevendo uma superficie cónica, produz um magnífico effeito luminoso.

Outro facto curioso, que se dá com as descargas oscillantes muito rápidas dum carrete d'inducção, é o seu comportamento nos conductores terminados em ponta ou em esphera.

Sabe-se, com effeito, que se um conductor de certa espessura terminado em ponta numa extremidade e em esphera na outra, se puzer em communicação eléctrica com uma máchima electro-estática, a carga se esgotará totalmente pela ponta, em virtude da grande tensão que a electricidade ali adquire.

Um conductor idéntico, ligado a um dos pólos dum carrete d'inducção, deixa indifferentemente escapar a electricidade por qualquer das extremidades.

Difficilmente se concebe, que se possa obter um effeito semelhante com as máchinas electro-estáticas, porque augmentando a tensão como o quadrado da densidade, inversamente proporcional por sua vez, ao raio de curvatura, seria necessária uma carga infinitamente grande, para que com um determinado valor do potencial, se podessem tirar faíscas duma esphera em communicação com uma ponta.

Com as descargas alternativas as coisas passam-se doutra fórma, porque alem da tendência da electricidade para se escapar para o ambiente, dependente, como se sabe, do raio de curvatura, ha a tendência para a dissipação pelo ar, que envolve o conductor, por uma acção condensante, que é dependente da extensão da superficie.

Estas acções sam inversas; uma tem o máximo valor quando a outra fôr mínima.

O penacho luminoso produzido na ponta é principalmente devido ás vibrações das moléculas d'ar, que por ella sam alternadamente attrahidas e repellidas, carregadas e descarregadas. E' um phenómeno de convexão.

Na esphera, pelo contrário, o effeito produzido é um phenómeno d'inducção, não se tornando indispensavel que as moléculas d'ar cheguem ao contacto do conductor, para se poderem observar os effeitos luminosos.

Tesla demonstrou experimentalmente este modo de ver, mostrando, que se augmenta a descarga da esphera envolvendo-a por um conductor isolado, o que corresponde a augmentar o seu poder condensante.

Em virtude desta propriedade, consegue-se produzir por meio de pontas, effeitos análogos aos obtidos com corpos de grande capacidade.

Assim, ligando a um dos polos do carrete um fio metálico coberto de pontas, pôde fazer-se com que o potencial do transformador atinja o mesmo valor, que attingiria se ao mesmo polo se ligasse uma esphera cuja superficie fosse muitas vezes superior á superficie total do fio.

**4. Chammas eléctricas.** Substituindo os polos ordinários do carrete por duas columnas metálicas, perfeitamente isoladas por uma espessa camada d'ebonite, obtêm-se na parte superior dois penachos luminosos, muito extensos, de côr branca na parte inferior, e que ás escuras se assemelham extraordinariamente ás chammas do gaz d'illuminação, com as quaes têm ainda de commum a propriedade de apresentarem uma elevada temperatura.

Esta experiência demonstra a possibilidade de obter verdadeiras chammas por processos diferentes dos processos chymicos, em que ha sempre transformações de matéria.

Pena é, que este systema d'aquecimento não seja ainda susceptivel de ser empregado correntemente.



Para que as chammas eléctricas se tornassem d'uso facil e commum precisaríamos de aperfeiçoar os processos de produzir potenciaes elevados e enormes frequências, demasiadamente fortes para osapparelhos até hoje construidos.

Tesla attribúe o calor desenvolvido neste phenomeno aos choques produzidos entre as extremidades dos conductores e as moléculas d'ar, bem como ás collisões que entre ellas se dam; admite tambem, que nas chammas ordinárias se passa um phenomeno análogo, extranhando, que sòmente depois de tantos séculos de familiaridade com a chamma, se reconhecesse ter o homem tido ao seu dispôr, desde tempos immemoriaes; o calor e a luz eléctrica.

Segundo Tesla todas as chammas ordinárias seriam o resultado duma acção electro-estática molecular.

O phenomeno das chammas eléctricas permite dar uma explicação plausivel dum certo número d'incêndios, produzidos durante trovoadas, em edificios ou objectos não attingidos pelas faiscas eléctricas.

Num prego dum telhado ou em qualquer outra ponta conductora por sua natureza ou pela humidade que a reveste, pôde apparecer um poderoso penacho luminoso, de que sam exemplo os fogos de Sant'Elmo, tam conhecidos dos navegadores.

Dando-se nas vizinhanças uma descarga eléctrica, o potencial pôde alternar milhões de vezes por segundo, e as moléculas d'ar, violentamente attractadas e repellidas, podem produzir um aqueci-



mento tam violento, que incendeie os objectos próximos.

Esta explicação não será difficil de aceitar, se nos lembrarmos dos poderosos effeitos caloríficos produzidos pelas correntes de frequência relativamente pequena, fornecidas pelas máchinas dynamo-eléctricas, cujos potenciaes não excedem 200.000 volts.

Limitando a atmosphaera em torno dos conductores, os effeitos thérnicos tornam-se mais violentos.

Encerrando; por exemplo, num globo de vidro, uma haste, ou antes um fio metálico, em comunicação com um dos polos do transformador vê-se, que estes corpos se tornam immediatamente incandescentes.

Sendo pouco elevado o potencial, o fio toma um movimento irregular; augmentando-o pouco a pouco, a extremidade livre descreve ellipses, que se convertem em circunferências cujo raio cresce com a inténsidade e frequência das correntes.

Estes movimentos sam, por certo, devidos a choques moleculares e á irregularidade da distribuição do potencial proveniente das asperesas e asymetria do fio.

Com um fio perfeitamente homogénio e bem polido é provavel, que estes movimentos não tivessem logar.

A falta de orientação dos movimentos e o não se terem observado no interior de globos esvaziados, prova bem, que elles devem ser attribuidos àquellas causas.

Fazendo atravessar o transformador pelas descargas oscillantes das garrafas de Leyde, obtêm-se também curiosíssimos effeitos. Esta disposição tem também a vantagem de dispensar a instalação dispendiosa e por vezes incómoda das máchinas de correntes alternativas, que nem sempre cabem nos laboratórios.

Duas hastes metálicas paralelas ligadas aos polos do carrete formam entre si uma superfície luminosa continua, particularmente brilhante nas proximidades dos conductores.

Do mesmo modo, dois fios de cobre isolados por algodão, prolongando-se parallelamente á distância de  $30\text{cm}$  por um espaço de  $10\text{m}$ , tornam-se luminosos, quando em communição com o carrete, a ponto de se poderem distinguir perfeitamente todos os objectos existentes numa sala.

O effeito depende do comprimento dos fios, que é funcção do potencial e do número d'inversões das correntes.

Para repetir esta experiência, é por isso conveniente dar aos fios um comprimento exageradamente grande, que pouco a pouco se deve reduzir até obter uma illuminação máxima.

A intensidade luminosa augmenta quando os penachos se fazem condensar numa pequena superfície.

E' assim, que ligando a um dos polos um fio de latão dobrado numa das extremidades em circunferência, com  $30\text{cm}$  próximamente de diâmetro, e ao outro polo um fio terminado por uma esphera cuja superfície seja approximadamente igual á do

anel metálico, e cujo centro esteja numa perpendicular ao centro do plano do anel, fórma-se um cone luminoso, e a superficie da esphera comprehendida entre as suas geratrizes illumina-se tambem fortemente.

O effeito é máximo, quando a superficie da esphera fôr egual á superficie total do anel.

E' tambem possivel obter grandes effeitos luminosos, concentrando, por meios apropriados, as descargas em superficies muito pequenas.

Como neste caso a capacidade é tambem, em geral, pequena, é conveniente augmentá-la, o que se consegue por vários processos.

Tesla, dobrando dois fios muito delgados, nus ou isolados, o que para o caso é indifferente, de modo que formassem um nome (o de sir William Thomson na conferência da «Institution of Electrical Engineers») collocou-os sobre duas lâminas de cauchú endurecido revestidas na parte posterior por folhas delgadas d'estanho, electricamente ligadas por um fio metálico.

Retinindo os fios aos polos do carrete, e fazendo variar convenientemente a intensidade e a frequência da corrente, é possivel tornar os fios tam luminosos, que o nome escripto se veja a grandes distâncias.

Dando a fórma de circunferência ás extremidades de dois grossos fios de latão, de modo que os raios respectivos sejam de 30<sup>cm</sup> e de 80<sup>cm</sup>, e dobrando as outras extremidades, de modo que os dois circulos fiquem no mesmo plano, quando ligados aos polos do transformador, obtem-se entre



elles uma coroa circular luminosa, continua e muito fixa, que illumina perfeitamente grandes espaços.

Como na experiência das duas columnas, o brilho da superficie é máximo nas proximidades dos conductores.

Embora não estejam descriptas, muitas outras experiências do mesmo género se poderiam effectuar para pôr em evidência estes curiosissimos efeitos das correntes alternativas.

Comprehende-se bem, que fazendo variar a forma dos conductores ligados aos polos do transformador se podem obter muitas outras figuras, todas ellas dum brilho extraordinário.

**5. Descarga dos transformadores.** Grande parte destas experiências foram repetidas por Himstedt (1), que empregou as oscillações d'Hertz com a disposição de Lecher, substituindo as lâminas metálicas por duas garrafas de Leyde, cujas armaduras externas communicavam com o carrete primário do transformador de Tesla.

Verificou-se com esta disposição, que, como já Ebert e Wiedemann tinham observado com as oscillações d'Hertz, a illuminação dos tubos de Geissler não é igual á obtida com os carretes d'inducção ordinários.

Neste caso é possível distinguir a luz cathódica, o espaço escuro e a luz anódica, emquanto que

(1) *Wied. Ann.*, tom. LII, 1894, pag. 473.



ligando um tubo aos polos dum transformador de Tesla, observa-se luz cathódica em ambas as extremidades, ficando o meio uniformemente illuminado por luz anódica, qualquer que seja o sentido da corrente primária.

Um crystal de aragonite, collocado no interior do tubo, torna-se luminoso nas duas extremidades.

Estes phenómenos levaram Himstedt a examinar a luz irradiada dos dois polos.

Isolando um dos polos dum carrete ordinário d'indução e munindo o outro duma ponta da qual se approxime um electroscópio de folhas d'ouro, vê-se, que este apparelho se carrega positiva ou negativamente, segundo o sentido da corrente primária.

Procedendo do mesmo modo com o transformador d'alta tensão, o electroscópio carrega-se sempre positivamente, qualquer que seja o polo de que se approxime.

Como nos polos do transformador tõem lugar rápidas variações de potencial, que é ora positivo ora negativo, deve concluir-se, que nas descargas deste apparelho no ar predomina a electricidade positiva.

Para examinar o comportamento de diferentes gazes, ligou-se a um dos polos do transformador um conductor isolado com oleo em toda a sua extensão, excepto na ponta, que terminava num frasco de Woulff, cujo fundo continha uma porção de mercúrio em communicação com um electroscópio.

Introduzindo successivamente no frasco, oxygénio, hydrogénio, azoto, anhydrido carbónico, am-

moniaco e gaz d'illuminação, notou-se, que, como com o ar, o electroscópio tomava uma carga positiva com o oxygénio e negativa para todos os outros gazes.

A grandeza da carga variava tambem nos diferentes casos, embora fossem as mesmas as condições de funcionamento do transformador.

Repetindo as experiências com um carrete de Rhumkorff, demonstrou-se, que em todos aquelles gazes a mudança de sentido da corrente primária trazia sempre consigo a mudança de signal na carga do electroscópio, sendo contudo a carga negativa superior á positiva em identidade de circunstâncias.

Distribuindo os gazes em série ordenada segundo as respectivas capacidades de favorecerem o escoamento da electricidade negativa, comparado com o da electricidade positiva, obtem-se, como nas experiências com as correntes de Tesla, uma série cujos termos extremos sam o ar e o ammoniaco.

Com a electricidade estática tinha Wisendonck achado um excesso de escoamento d'electricidade negativa no ar e no hydrogénio.

Harvey e Hird (1), ligando aos polos dum transformador de Tesla um prato e uma ponta metálica, viram saltar entre elles vivas faíscas, e reconheceram por meio dum electroscópio, que o prato se carregava sempre positivamente.

(1) W. H. Harvey and F. Hird, *Philosophical Magazine*, tom. xxxvi, 1895, pag. 45.

*Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom. iii, 1894, pag. 284.

Repetindo as experiências de Himstedt acharam, que os diferentes gases se comportavam sempre do mesmo modo, embora tivessem feito variar entre extensos limites as condições de potencial e frequência.

Il y a des esprits de haut et de bas, et ces esprits se comportent toujours de la même manière, c'est-à-dire qu'ils se comportent de la même manière dans les mêmes circonstances, et c'est là ce que l'on appelle la loi de la similitude.

Il y a des esprits de haut et de bas, et ces esprits se comportent toujours de la même manière, c'est-à-dire qu'ils se comportent de la même manière dans les mêmes circonstances, et c'est là ce que l'on appelle la loi de la similitude.

Il y a des esprits de haut et de bas, et ces esprits se comportent toujours de la même manière, c'est-à-dire qu'ils se comportent de la même manière dans les mêmes circonstances, et c'est là ce que l'on appelle la loi de la similitude.

Il y a des esprits de haut et de bas, et ces esprits se comportent toujours de la même manière, c'est-à-dire qu'ils se comportent de la même manière dans les mêmes circonstances, et c'est là ce que l'on appelle la loi de la similitude.

Il y a des esprits de haut et de bas, et ces esprits se comportent toujours de la même manière, c'est-à-dire qu'ils se comportent de la même manière dans les mêmes circonstances, et c'est là ce que l'on appelle la loi de la similitude.



## CAPITULO II

### EFFEITOS DE TESLA

#### ILLUMINAÇÃO PELAS CORRENTES ALTERNATIVAS

**1. Lâmpadas bipolares.** Os effeitos precedentemente descriptos foram, por assim dizer, accidentalmente observados por Tesla, cuja attenção era principalmente dirigida no sentido de obter um systema económico d'illuminação empregando as correntes alternativas de grande frequência.

Em primeiro logar lembrou-se Tesla de aproveitar os effeitos electro-estáticos do seu transformador, tornando incandescente qualquer corpo difficilmente fusivel, que se encerrava num balão de vidro donde se tenha extrahido uma porção d'ar.

As moléculas de gaz, animadas de enormes velocidades, chocando o corpo muitas vezes por segundo, actúam como milhares de pequenos martellos, que em pouco tempo o aquecem a tal ponto, que o corpo se torna luminoso.

Empregando potenciaes elevados e grandes frequências, é tambem possivel perturbar o ether ou as cargas eléctricas das moléculas gazosas e fazê-las vibrar com energia sufficiente para produzirem luz.

Infelizmente, com os aparelhos actuaes, não é possivel exceder certos limites de frequência, além dos quaes o potencial é tam elevado, que se torna perigoso.

Demais, demonstra a experiéncia, que empregando estas frequências extraordinariamente elevadas, os effeitos luminosos sam menores, que os obtidos com frequências inferiores.

Poder-se-hia suppôr, attenta a explicação, que Tesla dá do aquecimento produzido pelas correntes alternativas, que os corpos encerrados em tubos tam esvaziados quanto o permitem os processos actuaes, se tornam difficilmente incandescentes.

A experiéncia demonstra porem o contrário. Os corpos incandescem com tanta mais facilidade quanto menor fôr a pressão gazosa no interior do tubo.

Tesla attribúe estas acções caloríficas, manifestadas no interior de tubos tam esvaziados, que as descargas dos carretes ordinários os não atravessam, a uma acção condensante, sòmente produzida pelos elevados potenciaes originados pelas correntes de grande frequéncia.

E' tambem provavel, que mesmo neste caso, o bombardeamento molecular represente ainda um papel importante no aquecimento, porque apesar de ser insignificante a quantidade de moléculas

d'ar contidas no tubo, sendo menor o número de collisões entre ellas, as suas velocidades serám maiores e mais enérgicos portanto os effeitos produzidos.

Regulando convenientemente a pressão, a frequência e as dimensões do transformador, póde fazer-se attingir qualquer grau d'incandescência aos corpos encerrados nas lâmpadas de Tesla, o que não succede com as lâmpadas ordinárias em que a temperatura se não póde elevar além de certos limites sem destruir os conductores.

Esta resistência traduz-se num grande augmento do poder illuminante, que, como se sabe, é em parte função da temperatura do conductor.

Os filamentos das lâmpadas ordinárias d'incandescência sam tambem substituidos por bastonetes de carvão ou por substâncias difficilmente fusiveis, como as constituídas pela mistura de carvão com óxydos de terras raras, capazes por isso de supportar elevadíssimas temperaturas.

Como Tesla demonstrou experimentalmente, estas substâncias refractárias gosam da propriedade de, para um dado potencial, adquirirem uma temperatura mais elevada, que a indicada pelo cálculo.

Talhando os filamentos de modo que seja pequena a superficie irradiante, consegue-se conservar uma vivíssima incandescência com um dispêndio relativamente insignificante d'energia.

Estas lâmpadas que, como se vê, pouco differem das antigas lâmpadas de incandescência, têm sobre ellas immensas vantagens, que tendem a generalizar o seu emprego.



Além do grande poder illuminante, são económicas pelo tempo que duram, não só pela resistência dos seus conductores como também por não estarem sujeitas a deteriorarem-se pelas variações rápidas da intensidade da corrente.

**2. Lámpadas unipolares. Efeitos do bombardeamento molecular.** O emprego das correntes alternativas de grande frequência permittiu a Tesla o transmittir a energia eléctrica através dum só fio conductor, e a construcção de lámpadas *unipolares* contendo um único filamento, que se torna incandescente quando em communição eléctrica com um dos polos do transformador.

Estas lámpadas, além da estabilidade e duração dos primitivos modelos, apresentam a vantagem de se installarem muito economicamente, pois só em conductores das correntes se poupa 50 %.

Estando o filamento incandescente, sente-se um choque mais ou menos violento cada vez que se aproxima a mão do globo luminoso, sem que contudo haja exemplos destes choques terem sido prejudiciaes àquelles que os têm recebido.

Sendo muito elevada a frequência das correntes primárias ouve-se também um som mais ou menos alto, produzido provavelmente pelas attracções e repulsões das moléculas d'ar electrizadas por indução, através do vidro.

No intuito de aperfeiçoar quanto possível a illuminação por meio destas lámpadas, construíram-se vários modelos todos elles satisfazendo á

condição de se illuminarem quando ligados por um só conductor a um dos polos do transformador de Tesla.

Um dos typos primeiramente apresentados compunha-se dum delgado fio conductor, terminado por uma pequena esphera duma substância refractária e envolvido até certa altura por um estreito tubo de vidro, revestido exteriormente por uma delgada folha d'aluminio e interiormente por várias camadas isoladoras constituídas por folhas de mica.

Este systema era envolvido por um pequeno balão de vidro, análogo ao das lâmpadas ordinárias, atravessado sòmente pelo fio conductor, onde se rarefazia mais ou menos o ar.

Com o fim de augmentar o poder illuminante, accrescentou-se depois a esta lâmpada, na parte externa do collo do balão, um novo tubo metálico revestido externamente por uma camada de substância isoladora, na base da qual um pequeno buraco dá passagem ao fio conductor da corrente.

E' de toda a conveniência diminuir tanto quanto possível o bombardeamento contra o pequeno tubo, que envolve o fio conductor; para o conseguir deve empregar-se um fio muito delgado e curto, revestido por uma grossa camada de vidro ou de qualquer outra substância isoladora.

As lâmpadas, que melhor satisfazem a estas condições, constam dum largo tubo de vidro soldado a um outro de menor diâmetro por uma das suas extremidades.

O tubo mais delgado, protegido contra o aquecimento por uma folha d'alumínio e várias camadas de mica, é completamente envolvido por uma esphera de vidro, que se solda ás paredes do tubo mais largo.

Este tubo deve encher-se completamente com uma substância isoladora, aliás quebra-se, em virtude do calor desenvolvido pelos penachos luminosos, que se formam na extremidade introduzida no balão, e que sam tanto mais poderosos quanto mais perfeito fôr o vazio.

Tesla recommenda para este effeito o pó de mica muito fino, com que obteve os melhores resultados.

Como exemplo dos contratempos produzidos pelo bombardeamento molecular, citaremos um factó bastante curioso observado várias vezes por Tesla no decurso dos suas experiéncias.

Introduzindo num balão das lâmpadas um corpo conductor, um pedaço de carvão por exemplo, suspenso dum fio de platina soldado ao collo do balão, em que se tenha feito o vazio em alto grau, nota-se, que o carvão se torna muito incandescente quando ligado a um dos polos do transformador d'alta tensão.

Sendo pequenas as suas dimensões, o corpo póde adquirir no princípio da experiéncia um brilho extraordinário, que pouco dura; neste estado é possível, que a descarga, apezar da perfeita ligação entre o fio de platina e o carvão, se faça entre o fio e o collo do balão debaixo da fórmã de faiscas muito enérgicas.



As faíscas, que primeiramente saltam sam tam brilhantes como as produzidas na superficie brilhante do mercúrio, mas, como aquecem rapidamente o vidro, o seu brilho tambem depressa diminue até se extinguir por completo, quando, no ponto ferido, o vidro se torna incandescente ou pelo menos aquece bastante para se tornar conductor.

Este phenómeno, que desperta muito interesse quando observado pela primeira vez, mostra bem quam differente é o comportamento das correntes alternativas de grande frequência do das correntes contínuas ordinárias, incapazes de produzir semelhante effeito.

Tesla suppõe, que a ruptura do invólucro da lâmpada provocada pelas correntes alternativas, obtidas por processos mechânicos, é uma consequência apenas do bombardeamento, que aquecendo o vidro destroe o seu poder isolador; mas não duvida, que o vidro estale sem prévio aquecimento, caso se empreguem oscillações muito rápidas provenientes da descarga de condensadores.

Com effeito, nestas circunstâncias a energia transmittida ao fio encerrado na lâmpada perde-se, em parte por uma acção directa, através do carvão, e outra parte através do vidro, que envolve o conductor.

O caso é análogo ao dum condensador em communicação com uma fonte de correntes alternativas, tendo as armaduras reünidas por um conductor de pequena resistência.

Como foi posto em evidência por Lodge (1), enquanto a frequência é pequena, a transmissão faz-se pelo conductor, mas quando ella se eleva além de certo limite, o papel do conductor é insignificante, e a differença do potencial nas duas armaduras attinge um valor tal, que a descarga se dá através do dieléctrico, não obstante a comunicação metálica ter uma resistência incomparavelmente menor.

**3. Lâmpadas apolares.** Com o fim de evitar estes inconvenientes do enérgico bombardeamento produzido pelos fios conductores das correntes, construiu Tesla, aproveitando a acção inductora das correntes d'alta frequência, várias lâmpadas *apolares*, cuja illuminação se obtem sem que os seus filamentos estejam directamente ligados aos polos do transformador.

Esta espécie de illuminação tinha sido tentada havia muito, mas a falta deapparelhos, que fornecessem energia bastante, não tinha permittido a sua realização.

Para obter bons resultados é necessário o emprego de potenciaes muito elevados, sòmente obtidos por meio das correntes d'alta frequência.

Assim, empregando um condensador accessório de 40 centímetros quadrados de superficie e correntes alternando 20.000 vezes por segundo, torna-se necessário um potencial de 9.000 volts para

(1) *Oscillações eléctricas*, 1, pag. 31.

excitar uma lâmpada construída com vidro bom de 1<sup>mm</sup> de espessura.

A fim de augmentar o poder illuminante e facilitar a transmissão d'energia, estas lâmpadas apolares sam todas constituídas por pequenas hélices de fio metálico encerradas no collo de balões de vidro esvaziados e fechados.

Estas hélices terminam ao meio da esphera de vidro por pequenos bastonetes ou espheras de carvão ou doutra substância infusivel, destinadas a tornarem-se incandescentes.

O pé d'estas lâmpadas encaixa-se no interior duma outra hélice, formada enrolando o fio conductor das oscillações.

Esta disposição, que fórma essencialmente um novo transformador, permite não só obter facilmente os elevados potenciaes necessários para o bom funcionamento da lâmpada, mas tambem, fazendo variar a posição da hélice interior a respeito da exterior, regular á vontade a intensidade luminosa, com a mesma facilidade, com que se regula hoje em dia a inténsidade da luz do gaz.

Uma das lâmpadas construídas segundo este princípio consiste em um largo tubo de vidro ordinário tendo soldado numa das extremidades um outro mais estreito, de vidro phosphorescente, dobrado em fórma de M.

No primeiro tubo está encerrada uma hélice de fio fino d'alumínio, cujas extremidades, terminadas por espheras do mesmo metal, penetram nas extremidades do tubo de vidro phosphorescente.



Este systema, depois de esvaziado, introduz-se num suporte contendo uma segunda hélice de fio metálico através da qual se faziam ordinariamente passar as correntes da descarga duma bateria de jarras de Leyde.

Em vez do vidro phosphorescente, podem soldar-se ao tubo mais largo dois outros de menor diâmetro, de modo a envolverem as extremidades do fio d'alumínio, que neste caso devem terminar por pequenas espheras refractárias.

A' parede exterior do primeiro tubo solda-se uma esphera de vidro, que envolva as extremidades da hélice metálica e os tubos, que as protejam.

No interior da lâmpada faz-se o vazio, deixando em geral uma pequena comunicação entre as duas camaras, que ficam assim á mesma pressão.

A excitação da lâmpada obtem-se por meio dum suporte como o do modelo anterior.

Os intervallos entre as espiras da hélice sam occupados por pó de mica muito fino, cuidadosamente calcado, aliás saltariam entre ellas frequentes faíscas, principalmente no caso de ser grosso o fio da hélice exterior e grande o intervallo entre as espheras de descarga da bateria.

Nesta espécie de lâmpadas com dois botões é muito curioso o effeito da sombra projectada contra as paredes de vidro, por cada um delles.

**4. Substâncias incandescentes.** Como dissemos já, não é necessário para obter uma bôa incandescência, que o corpo encerrado na lâmpada seja

conductor porque os dieléctricos podem aquecer e tornarem-se do mesmo modo muito luminosos.

Uma lâmpada, que dá bons resultados, consta dum cylindro de carvão dos empregados nos arcos d'incandescência eléctrica tendo engastada numa das extremidades um corpo mau conductor. A outra extremidade liga-se ao fio conductor das correntes, convenientemente isolado por differentes camadas de mica.

A fim de que a luz seja sòmente produzida pela superfície do corpo não conductor, o cylindro de carvão é revestido em maior parte do seu comprimento por um delgado tubo d'alumínio.

Ha tambem vários modelos unipolares e apolares destas lâmpadas onde a matéria radiante se projecta contra o corpo, que deve tornar-se incandescente.

Um delles compõe-se dum globo esférico de vidro, provido na parte superior dum longo collo, destinado a augmentar, em alguns casos, o effeito da lâmpada revestindo-o externamente por uma superfície conductora.

A parte inferior do balão é soprada uma pequena esphera destinada a firmá-lo num suporte isolador.

Ao meio do balão suspende-se dum fio conductor um pequeno filamento refractário, que se torna incandescente quando o bombardeamento proveniente da parte inferior attinge uma intensidade conveniente.

Para augmentar a incandescência deve-se, sempre que seja possível, revestir por uma delgada

folha de zinco a parte da superfície externa do balão, que penetra no suporte isolador.

A prática tem demonstrado, que este modelo, cujo poder illuminante é diminuto, é particularmente apropriado para mostrar a phosphorescência dos corpos suspensos no centro do balão.

Procurando, em várias séries d'experiências, os corpos que melhor se prestam para a construcção das suas lâmpadas, reconheceu Tesla que o diamante e o carborundum deviam ser preferidos a todos os outros pelas suas qualidades excepçoes.

O carborundum (1), um dos productos que mais attrahiu a attenção dos chymicos e dos physicos na última exposição de Chicago, foi, como se sabe, obtido por E. G. Acheson, de Monongahela, na Pennsylvânia, e é destinado a substituir o pó de diamante na polição de pedras preciosas. O carborundum, que é um carboneto de silício correspondente, quando puro, á fórmula Si C, obtem-se em pó mais ou menos fino ou em crystaes geralmente escuros, muito brilhantes e duros, incombustiveis mesmo quando aquecidos numa atmospheria d'oxygénio.

Sujeito a grandes pressões torna-se conductor, mas a sua conductibilidade é sempre inferior á do carvão. O pó que se obtem triturando os crystaes póde práticamente considerar-se um isolador.

Além da grande duração e do rendimento luminoso, o diamante e ainda mais o carborundum, têm a vantagem de não produzirem depósitos

(1) *Revue Générale des Sciences*, tom. IV, 1893, pag. 589.



sobre as paredes das lâmpadas, porque difficilmente se desaggregam, qualquer que seja o potencial e a frequência da corrente.

As temperaturas attingidas, empregando estas duas substâncias, são tam elevadas, que é difficil obter supportes onde ellas se possam montar.

Ainda neste caso, o carvão das retortas é dos corpos que mais vantagens apresentam aguentando tambem durante muito tempo aquellas elevadissimas temperaturas.

Encerrando na mesma lâmpada substâncias de differente natureza, notou-se entre outras coisas, que, sendo a temperatura muito elevada, havia em geral um corpo, que absorvia o bombardeamento mais que os corpos visinhos.

Esta propriedade parece depender principalmente do ponto de fusão e da facilidade com que o corpo se desaggrega.

Esta observação, embora possa surprehender á primeira vista, está contudo d'accordo com as ideias geralmente seguidas.

Nos tubos muito esvaziados, suppõe-se a electricidade conduzida por filas materiaes independentes, constituídas em parte pelas particulas da atmosphaera residual, e em parte por particulas separadas dos eléctrodos.

Sendo o eléctrodo formado por várias substâncias, uma das quaes se desintegre com mais facilidade, que as restantes, a maior parte da electricidade esgotar-se-ha por esse corpo, que será tambem aquelle que attinge uma temperatura mais elevada.

E' provavel que a deterioração dos próprios eléctrodos homogénios seja devida a uma causa semelhante, porquanto em todas as experiências se têm notado irregularidades no brilho da superficie dos eléctrodos, embora ellas sejam tam polidas quanto é possivel sê-lo a superficie d'alguns dos corpos empregados nestas lâmpadas.

Imagine-se, com effeito, que por qualquer circunstância um dos pontos do eléctrodo adquire uma temperatura mais elevada que a dos pontos próximos; a descarga far-se-ha de preferéncia por esse ponto, o que provoca a fusão e a evaporação duma parte da substância.

Como consequência deste trabalho é possivel haver no ponto atacado um abaixamento de temperatura, que, além de influir no brilho da luz irradiada, concorre ainda mais para a alteração da superficie do eléctrodo.

Estas alterações de temperatura e as correlativas modificações de estructura facilitam a repetição do phenómeno, cuja continuidade acaba por desagregar completamente a substância, ao fim dum tempo mais ou menos longo.

Esta hypóthese póde ser verificada experimentalmente, pelo menos nos casos em que os eléctrodos têm uma temperatura relativamente baixa.

Tome-se, com effeito, um tubo sufficientemente esvaziado para que as descargas não passem, embora o potencial seja elevado.

Fazendo crescer gradualmente o potencial, vêem-se apparecer nas paredes da lâmpada duas, três ou mais manchas luminosas.

Estas manchas indicam evidentemente, que em certos pontos ha um bombardeamento mais activo, devido sem dúvida a uma desigual distribuição da densidade eléctrica.

Estas diferenças de distribuição da densidade sòmente se podem attribuir ás irregularidades de superficie do eléctrodo.

As manchas luminosas não são fixas; mudam de posição constantemente, indicando assim, que a configuração do eléctrodo varia de momento para momento.

O phenómeno é muito nítido quando, regulando convenientemente a variação de potencial, se consegue obter um limitado número d'impressões luminosas.

Conclue-se facilmente destas experiências, que a substância refractária terá uma duração máxima, dando-lhe a fórma duma esphera perfeitamente polida.

Estas espheras, que se poderiam obter talhando um diamante ou qualquer outro crystal, sam ordinariamente formadas por pérolas d'óxydos difficilmente fusíveis, como o de zircónio, que hoje se obtêm com as elevadíssimas temperaturas do forno eléctrico.

Attenta a elevada temperatura, que se obtem nos eléctrodos das lâmpadas alimentadas por correntes alternativas, parece, á primeira vista, não dever ser difficil fundir qualquer corpo ahi collocado e sujeito á acção do bombardeamento molecular.

Assim devia ser, se por ventura o transporte eléctrico não fizesse desaparecer por completo a



maior parte das substâncias, antes de terem attingido a temperatura dos respectivos pontos de fusão.

Esta difficuldade torna-se principalmente notavel com os óxydos, como o de zircónio, que se não podem tornar muito compactos.

Remove-se em parte, fundindo primeiro estes corpos numa corrente d'oxygénio e collocando-os depois sobre o eléctrodo de carvão das retortas duma das lâmpadas já descriptas, que é muito própria para effectuar estas experiências.

Durante a fusão observam-se, em geral, magníficos effeitos luminosos.

Fundindo, por exemplo, um crystal de rubí observa-se, em primeiro logar, um cone de luz branca, que se projecta na parte superior do balão onde produz uma mancha phosphorescente irregularmente contornada.

Quando o rubí funde, a phosphorescência torna-se muito pronunciada; e, como entam as partículas materiaes emittidas pela superficie da gotta fundida têm uma velocidade muito maior, o vidro aquece muito e fatiga-se, dando em resultado que sòmente brilha o contorno externo da mancha luminosa.

Fórma-se deste modo uma linha phosphorescente muito brilhante, correspondente ao contorno da gotta fundida e que portanto se desloca lentamente pela superficie da lâmpada, á proporção que a gotta alarga.

Quando o líquido entra em ebullicão, formam-se na sua massa pequenas bolhas e cavidades, que

produzem manchas escuras deslocando-se com grande velocidade pela superficie illuminada.

A massa do rubi, apezar de fundida, conserva uma viscosidade sufficiente para se poder inverter a lâmpada sem que elle se separe da superficie do eléctrodo.

Tesla julga ter tambem observado no decurso das suas experiências, que, pelo bombardeamento molecular produzido pelas correntes rapidamente alternativas, é possível fundir qualquer corpo numa atmosphera muito rarefacta, a uma temperatura inferior á do seu ponto de fusão, ás pressões normaes e com os modos d'aquecimento ordinários.

Para o demonstrar, ligou a um pequeno fio de platina um pedaço de pedra pomes, que por meio da chamma do maçarico oxhydrico reduziu a uma pérola vitrea.

Introduzindo-a, em seguida, numa lâmpada onde se fazia o vazio, e fazendo crescer pouco a pouco o potencial, viu-se a pedra pomes fundir novamente, emittindo porem muito menos luz, que no primeiro caso.

Esta differença de brilho indicava para Tesla um grau menos elevado da temperatura de fusão.

Não ha experiências directas, que confirmem este modo de ver. Seriam mesmo difficeis de realizar, vistas as perturbações produzidas pelos corpos extranhos introduzidos na lâmpada.

**5. Influência da pressão e capacidade.** Suppondo constantes o número d'inversões e o potencial, é

manifesta a influência da pressão no interior das lâmpadas sobre o grau de incandescência atingido pelos diversos filamentos.

Tesla pôs elegantemente em evidência esta influência, mostrando, que num tubo atravessado por uma descarga o gaz não tem uma densidade uniforme.

Nestas circunstâncias, um fio metálico encerrado no tubo torna-se incandescente nos pontos em que a pressão é menor e conserva-se escuro nos pontos em que, sendo maior a densidade, é portanto menos intenso o bombardeamento.

Para demonstrar este effeito, tomou-se um longo tubo de vidro esvaziado, contendo um fio de platina muito fino collocado na direcção do eixo.

Pondo-o, por qualquer fórma, em communição com um dos polos do transformador d'alta tensão, o fio mostrava-se incandescente por secções alternadamente brilhantes e escuras.

O effeito era mais apparente, quando o grau de vazio era de molde a mostrar a descarga estratificada, mas podia sempre observar-se, quaesquer que fossem as condições da pressão no interior do tubo. E' pois evidente, que não é uniforme a densidade do gaz dentro do tubo.

A posição dos estratos na maior parte das vezes era tal, que as rarefacções correspondiam ás regiões de maior incandescência do fio de platina.

Num limitadíssimo numero d'experiências parecia, porem, notar-se, que os pontos brilhantes do fio eram envolvidos pelas camadas mais densas da descarga estratificada.



Neste caso o effeito era apenas perceptivel.

Tesla compara este phenómeno ao facto, muitas vezes observado nos tubos, dum fio adquirir uma temperatura máxima, quando o ar não está ainda extremamente rarefacto.

E' o que sempre se observa, caso o potencial não seja sufficientemente elevado, e seja muito pequena a pressão no interior do tubo.

Estes phenómenos sam de curta duração. Deixam de observar-se, quando o tubo, ou antes o fio, adquire em todos os pontos uma temperatura uniforme.

Reduzindo a um mínimo o número de particulas agitadas pela descarga, dissipa-se pouca energia e mantem-se a incandescência muito economicamente.

Consegue-se este resultado, empregando elevadas frequências, o que não é recommendavel pela rápida elevação do potencial, ou limitando tanto quanto possivel a atmosphaera em torno do eléctrodo da lâmpada.

Tesla demonstrou este último effeito, construindo uma lâmpada dupla, constituída por duas camaras, que differiam sòmente pela capacidade dos balões de vidro exterior.

Sendo em ambas tambem igual o grau de vazio, viu-se, que a lâmpada menor consumira muito menos energia para produzir uma illuminação igual á da maior.

Aquecia, porem, extraordinariamente, chegando mesmo na maior parte das experiências a fender o invólucro de vidro.

Para evitar os inconvenientes deste aquecimento, construiu Tesla lâmpadas em que as substâncias refractárias sam encerradas em pequenas espheras de vidro, completamente separadas do fio conductor e do tubo de alumínio por diferentes camadas de mica.

Esta disposição tem por fim proteger o pequeno balão contra a acção do rápido aquecimento do conductor.

A temperatura do globo exterior elevava-se nestas experiéncias muito lentamente, conservando-se sempre a lâmpada relativamente fria.

Pondo este globo em communicação com uma bomba pneumática em actividade, notou-se, que a sua temperatura se conservava invariavel, por maior que fosse o grau d'incandescência das substâncias encerradas na esphera menor.

Fechado á lâmpada e separado da bomba, o balão aquecia nõvamente, ao fim de pouco tempo.

Com esta disposição, os effeitos luminosos obtém-se tanto mais econòmicamente quanto menor fôr o diâmetro da esphera interior; desejando, porem, obter phenómenos de phosphorescência, as suas dimensões devem ser maiores, aliás a temperatura seria tam elevada, que a phosphorescência cessaria.

Como nestas lâmpadas o bombardeamento contra o balão exterior é práticamente nullo, só o interior se mostra por vezes phosphorescente.

O poder illuminante das lâmpadas de Tesla, quer unipolares quer apolares, é consideravelmente augmentado, quando se reveste uma parte

da superficie do vidro por uma camada conductora.

Uma simplez lâmina metálica envolvendo o collo ou uma calote do balão dá já óptimos resultados; mas augmenta-se ainda a sua acção, ligando-a electricamente com o solo ou com uma segunda lâmina metálica isolada.

Neste último caso, comprehende-se bem, que, fazendo variar as dimensões da lâmina isolada, se possa fazer variar entre certos limites o poder illuminante das lâmpadas.

Um dos modelos, que tem dado bons resultados, consiste numa lâmpada de Tesla destinada a ser suspensa, e servindo de suporte a uma grande lâmina de zinco com a fôrma dum cone de pequena altura.

Este cone tem uma pequena abertura no vértice, por onde passa o collo da lâmpada, que delle se isola por umas poucas de camadas de mica.

Esta disposição, com que se obtem o fim desejado, constitue um reflector, podendo concentrar a luz emittida pela lâmpada.

Deve notar-se, que, em regra, para obter uma bôa illumination não é necessário recorrer a estes processos, completamente inuteis caso se faça uso de frequências extraordinariamente elevadas.

Desejando, a fim de poupar energia, obter correntes de grande frequência, é conveniente aproveitar as descargas de condensadores, atravessados já por correntes oscillantes.

Esta disposição, que evita o emprego de grandes transformadores muito dispendiosos, serve em



geral para repetir nos laboratórios a maior parte das experiências descriptas por Tesla.

Notam-se, porem, curiosos phenomenos, quando as correntes d'alta frequencia assim obtidas se propagam nos conductores.

Ligando uma das armaduras do condensador a uma das extremidades duma grossa barra de cobre, dobrada de maneira que a outra extremidade fique proxima do botao da segunda armadura, podem tornar-se incandescentes varias lampadas electricamente ligadas aos dois ramos do conductor.

Em geral, embora as lampadas sejam da mesma voltagem, o brilho e diferente em cada uma dellas, podendo mesmo algumas conservar-se apagadas.

Deslocando parallelamente a si mesmo, ao longo da barra, um conductor de que se suspende uma lampada, reconhece-se do mesmo modo a existencia de nos e de ventres pelas differencas de intensidade luminosa, que chega tambem a ser nulla em um ou mais pontos do conductor, o que depende do seu comprimento.

Estes maximos e minimos de corrente, devidos a resistencia apparente do conductor, podem determinar-se, com a mesma facilidade, com o auxilio do voltmetro de Cardew ou por meio dos tubos de Crokes.

Quando nesta experiencia se empregam lampadas construidas com filamentos muito longos, nota-se, que, de tempos a tempos, elles soffrem uma violenta impulsao, devida, segundo parece, a uma accao electrostatica das paredes da lampada.

Se em vez das lâmpadas ordinárias se empregarem outras construídas por filamentos rectilíneos, cujos polos estejam nas extremidades do mesmo diâmetro da esphera ou ellipsoide de vidro, obtem-se mais facilmente uma elevada incandescência, por pequena que seja a frequência.

Augmentando, porem, o número de inversões por segundo além de certo limite, chega-se a um ponto em que a maior parte da descarga passa através do gaz rarefacto, em vez de passar pelo filamento de carvão.

Nesta occasião, o globo illumina-se com um brilho extraordinário, e as extremidades do fio conductor tornam-se incandescentes, lançando por vezes poderosos penachos, em virtude do activo bombardeamento molecular.

**6. Tubos vazios. Campo electro-estático.** De todos os effeitos obtidos pelo emprego das correntes alternativas d'alta tensão, estamos certos, que, poucos impressionam tanto como os phenómenos observados nos tubos vazios, que sem eléctrodos nem armaduras se illumina vivamente, quando se approximam do transformador ou de conductores com elle ligados.

A observação é antiga. Já Hittorf tinha visto tubos de vidro vazios illuminaem-se, quando nas suas visinhanças se descarregava uma garrafa de Leyde.

Tesla, porem, pôs estes phenómenos em evidencia dum modo incomparavelmente brilhante, pre-

tendendo mesmo realizar por este processo um novo systema de illuminação, a que chama *illuminação ideal* e que, segundo elle, será a verdadeira luz do futuro.

Para obter esta illuminação, é necessario crear um campo electro-estático alternando muitas vezes por segundo, e tam poderoso, que um tubo vazio se mostra sempre luminoso, qualquer que seja o ponto do espaço onde se encontra.

Campos tam intensos sam hoje em dia impossiveis de realizar.

Conseguem-se, comtudo, magníficos resultados ligando um dos polos do transformador d'alta tensão ao sólo e o outro a uma grande lámina metálica, suspensa do tecto por cordas isoladoras; ou tambem, ligando ambos os polos a lâminas nas mesmas circunstâncias.

Nestas condições, um tubo vazio de quaesquer dimensões conserva-se luminoso quando deslocado no espaço comprehendido entre as duas lâminas isoladas, excepto quando esteja situado num plano comprehendido entre ellas, para o qual as duas acções se annullam.

A posição d'este plano depende da posição das duas lâminas, bem como do comprimento e natureza dos conductores, que as ligam ao transformador.

Além dos phenómenos luminosos, observam-se tambem neste campo outros effeitos curiosissimos.

Qualquer conductor isolado dá vivas faíscas quando d'elle se approxima um conductor.



Se do corpo isolado se approximar a mão com cuidado, conservando-a sempre bastante afastada para que as faíscas não saltem, sente-se uma agitação especial e uma sensação análoga á de pequenas picadas nas pontas dos dedos.

Repetindo esta experiência na obscuridade, observa-se, que da mão partem numerosos penachos luminosos muito intensos.

Ligando por meio dum fio metálico um receptor telephónico a um corpo isolado influenciado pelo campo electrostático, ouve-se um som geralmente baixo, que se eleva quando augmenta o potencial.

Nos campos poderosos o som póde ser ouvido, mesmo que o telephónio não esteja em communição com qualquer corpo.

Empregando um interruptor especial, conseguiu O. Mc. Farlan Moore, de Newark (N. Y.), Estados Unidos da América (1), illuminar o seu laboratório por meio de tubos sem eléctrodos, sujeitos somente á acção do campo electrostático produzido por um transformador d'alta tensão, collocado num aposento próximo.

Suspensos da cornija, em torno de toda a sala, havia quatro tubos de vidro com 4<sup>cm</sup> de diâmetro e 3<sup>m</sup>,50 e 2<sup>m</sup>,90 de comprimento, cujas extremidades eram revestidas por calotes d'alumínio.

Os tubos tinham previamente sido esvaziados até terem a mesma pressão dos tubos de Geissler ordinários.

(1) *Scientific American*, tom. LXXIV, n.º 9, pag. 129, New-York, 1896.

A illuminação por este systema produzia um effeito phantástico.

Eis como se exprime uma testemunha destas experiéncias, redactor duma revista scientifica americana :

« Na illuminação por meio dos tubos collocados  
« em volta da sala, realiza-se a infinita multiplica-  
« ção da luz, que faz desaparecer por completo  
« as sombras, e distribue pelo aposento uma luz  
« equivalente á que os microscopistas chamam a  
« luz das nuvens brancas, reconhecida como sendo  
« a mais perfeita por todos os trabalhadores.

« E' uma luz do dia artificial, pois não tem os  
« incommodos reflexos avermelhados da luz das  
« lâmpadas ordinárias ».

Pena é, que o grande dispêndio d'energia resul-  
tante deste modo d'illuminação não permita por  
óra tirar todo o partido, que delle se deve esperar.

Os tubos sam, sem dúvida, económicos, mas a  
despeza na manutenção do campo e as alterações  
physiológicas que elle pôde produzir, addiarám  
por muitos annos a realização verdadeiramente  
práctica e a diffusão do systema *ideal* d'illuminação.

Repetindo estas experiéncias, pôde acontecer,  
quando os tubos forem muito esvaziados, que se  
não illuminem no campo electro-estático.

Excitando-os, porem, por meio das descargas  
dum carrete ordinário d'inducção, os tubos ad-  
quirem a propriedade de ser sensiveis ás oscilla-  
ções eléctricas muito rápidas.

Esta sensibilidade conserva-se por muitas se-  
manas, e até durante mêses, passados os quaes se

vê illuminar espontaneamente, quando no campo electro-estático, um tubo a principio inactivo.

A causa desta acção é por agora, e cremos bem, continuará ainda por muito tempo a ser desconhecida.

Nota-se tambem nestes tubos, que a propagação da descarga não é instantânea e, que, ligando um tubo de vidro muito comprido a um dos polos do transformador d'alta tensão, a illuminação é mais intensa na base do tubo, diminuindo gradualmente até ao extremo mais afastado.

O effeito é tanto mais notavel quanto mais estreita fôr a camada d'ar.

Demonstra-se facilmente esta propriedade com um tubo de 1<sup>cm</sup> de diâmetro e 30<sup>cm</sup> de comprimento tendo uma das extremidades esticada em ponta com 1<sup>cm</sup> de comprido.

Uma virola metálica soldada na outra extremidade permittia ligar este tubo a um dos polos do transformador.

Passando a descarga, o tubo illumina-se nas proximidades desta chapa, onde a secção é maior, emquanto que a outra extremidade se conserva completamente apagada.

Pouco a pouco, porem, o ar aquece, e tornando-se conductor, permite á descarga o attingir a parte mais estreita do tubo, que sòmente entam se mostra luminosa.

Sendo elevada a frequência e regulando convenientemente o potencial, pôde prolongar-se este phenómeno por mais de meio minuto.

Quanto maior fôr o vazio, tanto mais facil será o realizar esta experiência.



E' tambem conveniente empregar tubos novos, porque ao fim de duas ou três vezes de serviço o phenómeno já se não observa no mesmo tubo.

A propagação da descarga através dum tubo de vidro muito estreito é comparavel á propagação do calor numa barra metálica aquecida por uma das extremidades.

Quanto mais depressa o calor se dissipa lateralmente, mais tempo gasta em chegar ao extremo remoto.

Do mesmo modo, quando um tubo é atravessado por uma descarga oscillante, a propagação é tanto mais vagarosa quanto maior fôr a frequência.

Sendo pequeno o número d'inversões por segundo, a dissipação lateral é insignificante; e, sem excepção, a descarga propaga-se instantaneamente ao longo de todo o tubo, por menor que seja o seu diámetro.

Entre outros, o professor J. J. Thomson (1) estudou tambem os effeitos das oscillações eléctricas, propagando-se através de tubos vazios sem eléctrodos, recorrendo ás descargas oscillantes das baterias de Leyde.

Os circuitos de descarga, a que deu a fórma de bolbos ou de tubos dobrados em hélice, collocavam-se nas proximidades doutros tubos cheios de mercúrio, que serviam de conductores das descargas oscillantes.

(1) J. J. Thomson, *Proceedings of the Physical Society*, 1891.

Estas duas ordens de tubos representavam respectivamente o papel dos conductores dum carrete d'inducção. Os tubos vazios correspondiam ao circuito secundário e os tubos com mercúrio ao fio primário daquelles transformadores.

Collocando no centro duma destas hélices, atravessada pela corrente de descarga, um balão esvaziado contendo vestígios d'oxygénio, via-se, que no interior se formava um círculo muito luminoso.

Ao princípio da experiência este círculo era acompanhado por uma scintilla avermelhada, que se extinguia passado pouco mais dum segundo.

A scintilla extinguia-se do mesmo modo, elevando a temperatura do balão ou approximando-lhe um dos polos dum magnete.

Outro bolbo esvaziado envolvido por uma hélice primária era encerrado em uma campánula de vidro.

Emquanto a pressão do ar na campánula era egual á pressão atmosphérica, a descarga secundaria dava-se no bolbo como nos casos ordinários. Fazendo pouco a pouco o vazio, a descarga luminosa augmentava ligeiramente diminuindo em seguida até deixar de se observar, e acabando finalmente por se manifestar na parte exterior do bolbo.

Do mesmo modo se observou, que a conductibilidade dum tubo vazio sem eléctrodos augmenta, até certo ponto, quando a pressão diminue, decrescendo depois constantemente tanto mais quanto mais elevado fôr o grau de vazio.

Notou-se também, que as descargas se transmitem mais facilmente quando no interior do tubo as moléculas são todas da mesma natureza.

Assim, num tubo bastante comprido, que a descarga facilmente atravessava, interrompia-se a luz quando se lhe introduzia uma pequena gota de mercúrio apesar da grande conductibilidade deste metal.

Segundo J. J. Thomson, estes efeitos devem ser attribuídos á indução electro-magnética.

Tesla (1) attribue-os á indução electro-estática, e para o demonstrar realizou várias experiências.

Uma dellas fazia-se com o auxilio dum largo tubo de vidro fechado numa extremidade e introduzindo-o num dos invólucros das lâmpadas d'incandescência ordinárias.

O circuito primário era em geral constituído por algumas dobras duma folha de cobre de certa espessura, cuidadosamente isolada. O espaço comprehendido entre o tubo e o balão constituía o circuito secundário.

Esta disposição era empregada com o fim de se collocar no interior do tubo uma superficie reflectora; para isso a última volta do primário era revestida por uma delgada folha de prata.

Com a lâmpada assim disposta obtinha-se facilmente um circulo ou um cylindro luminoso, próximo do circuito primário.

(1) N. Tesla, *The electrical Engineer*, New-York, July 1, 1891.



Mas para obter a luminosidade dos tubos não é necessario, como se sabe, que o circuito esteja fechado.

Obtinham-se os melhores resultados com um tubo vazio ordinário, de preferéncia com um grande diâmetro, envolvido por uma hélice de grosso fio de cobre.

Quando o conductor era percorrido pelas descargas oscillantes, induzia-se no tubo uma hélice luminosa.

Numa destas experiências observaram-se phenomenos muito curiosos; no interior do tubo appareceram, além da hélice, dois círculos muito luminosos, que Tesla attribuiu á existencia de nós no circuito primário.

Os dois círculos ficavam ligados por uma delgada hélice luminosa, parallelá ao fio conductor.

Introduzindo lateralmente um bolbo das lâmpadas ordinárias num anel formado por uma ou duas espiras duma hélice de grosso fio de cobre atravessado pela descarga duma bateria de Leyde, via se apparecer do mesmo modo no interior da lâmpada um círculo luminoso.

Nesta experiência o globo de vidro era revestido, na parte opposta ao fio primário, por uma calote de zinco, que augmentava a intensidade do círculo luminoso, quando se ligava ao solo ou a um corpo isolado de grandes dimensões.

Quando o conductor primário está em contacto com o vidro, a superfície luminosa obtem-se com mais facilidade e o seu contorno é mais bem limitado.

Tesla observou também, que a acção induzida cresce quando augmenta o poder inductor específico do meio interposto aos circuitos primário e secundário.

Demonstra-se facilmente este effeito introduzindo, entre os dois circuitos, cylindros formados de differentes substâncias, desde que na lâmpada se começa a observar o círculo luminoso.

Mais convincentes sam ainda as experiências realizadas somente com os tubos vazios ordinários sujeitos á acção do campo creado pelo transformador d'alta tensão.

Assim, por exemplo, segurando um tubo na mão e approximando-o do carrete, o tubo illumina-se vivamente, qualquer que seja a sua posição a respeito do corpo do observador.

Se o effeito fosse devido á indução eléctrica, o tubo não emittiria luz quando o corpo do observador estivesse entre elle e o carrete, ou, pelo menos, a intensidade luminosa, produzida apenas pelas oscillações diffractadas e reflectidas nas paredes da sala, diminuiria muito de valor.

O tubo conserva-se apagado, quando collocado exactamente sobre o plano médio transversal do transformador, porquanto as acções das duas metades do carrete se neutralizam e o potencial é nullo em todos os pontos daquelle plano.

Um pequeno desvio, para um ou outro lado desta posição, faz reaparecer uma luz muito intensa. Ora se a acção fosse realmente electro-magnética o effeito seria máximo no plano médio do carrete.

Approximando sufficientemente os polos dos transformadores para que entre elles se estabeleça um arco permanente, as lâmpadas e os tubos vizinhos apagam-se para se accenderem nòvamente, quando o arco se extingue. A acção electro-magnética é praticamente egual em ambos os casos.

Collocando um tubo no prolongamento do eixo do carrete a distância sufficiente para que elle se conserve apagado, consegue-se illuminá-lo tocando a extremidade mais afastada com a mão ou com um conductor isolado, ou ainda quando um observador simplesmente se interponha ao carrete e ao tubo.

Um observador, collocado de maneira a voltar um dos flancos para o transformador, sustentando um tubo vazio com ambas as mãos vê com surpresa, que o tubo se conserva escuro no espaço comprehendido entre ellas.

Regulando convenientemente a distância ao carrete, póde, por assim dizer, expulsar-se a luz do tubo, que se conserva apagado durante um segundo pròximamente, passando rápidamente pela superficie externa a mão mais próxima do transformador.

A influencia exercida pelos diaphragmas mostra tambem a natureza electro-estática do phenómeno.

Collocando uma lâmina metálica isolada entre o carrete e o tubo, situado no prolongamento do seu eixo, nota-se um augmento de intensidade luminosa, ou que o tubo se illumina, caso a primitiva distância fosse grande bastante para estar apagado até entam.



O efeito produzido depende das dimensões da lâmina metálica interposta.

Se esta estiver eléctricamente ligada ao solo, o tubo apaga-se por mais pequena que seja a sua distância ao transformador.

Nas mesmas circunstâncias as lâminas dieléctricas diminuem muito a luminiscência dos tubos, que chegam mesmo a apagar.

Como é natural, os efeitos luminosos produzidos pelos tubos sem eléctrodos são consideravelmente augmentados pelo emprego de vidros phosphorescentes como sejam os de yttrio e d'urânio.

Em vez de recorrer aos phenómenos d'influência, pôde obter-se a luminiscência dos tubos vazios, revestindo as suas extremidades por calotes metálicas e suspendendo-as de conductores ligados aos polos do gerador d'oscillações.

Estas superficies metálicas podem indifferentemente revestir a parede interna ou externa do tubo (1).

(1) Parte destas experiências foram por nós repetidas com o auxilio dum transformador de Tesla, modificado por Elster e Geitel, e com uma série de quatro tubos vazios, fornecidos pela casa Müller-Unkel, de Braunschweig.

Tomando um dos tubos em cada mão e approximando-os do transformador, qualquer delles se illumina com a mesma facilidade, e, como era de esperar, a luminiscência augmenta em ambos quando se approximam um do outro.

O efeito é máximo estando os tubos em contacto e dispostos paralellamente ao eixo do transformador.

Nota-se, porem, nestas experiências um facto curioso.

Um dos tubos, cuja natureza e grau de vazio desconhecemos por completo, apresenta, quando isolado, uma luz

A acção do campo produzido pelo transformador é deficiente para produzir a incandescência de pequenos corpos encerrados no tubo.

Para que estas experiências dêem bom resultado, é porem conveniente concentrar, por meio de disposições appropriadas, uma porção d'energia no interior do tubo.

Uma das disposições de Tesla consistia em dois cylindros de vidro fechados, de comprimentos differentes e diâmetros eguaes, que se soldavam pelas bases.

Esta parede commum era atravessada por um tubo estreito de vidro, revestido externamente por uma folha d'aluminio.

O tubo mais estreito revestia um fio delgado de platina, prolongado por um filamento das lâmpadas ordinárias para o lado da camara maior, e para o lado menor por outro fio de cobre, que se prolongava para exterior, permitindo assim ligar, em caso de necessidade, o tubo a um dos polos do transformador.

A camara menor do tubo revestia-se interior e exteriormente por duas lâminas metálicas e acabava-se de encher com um pó isolador.

O filamento tornava-se vivamente incandescente,

esbranquiçada mal definida, que passa a violete claro pela aproximação dum segundo tubo.

Chegando o tubo ao transformador, a côr torna-se verde nas pròximidades do ponto de contacto.

Ignorâmos a causa destes phenómenos, que entretanto nos pareceu interessante registrar.

quando este aparelho se deslocava no campo do transformador.

Outra fôrma desta experiência realiza-se, substituindo o filamento das lâmpadas por um fio de platina dobrado em círculo numa das extremidades, e reünindo o fio de cobre á armadura interna do condensador.

Por baixo do anel de platina colloca-se um pequeno molinete com palhetas de mica, que se segura entre uma agulha metálica e uma vareta de vidro convenientemente dobrada.

Approximando este tubo do transformador, o fio de platina torna-se incandescente, e o molinete gyra com grande velocidade.

**7. Pinceis luminosos.** Curiosos sam tambem os effeitos observados em algumas lâmpadas alimentadas pelas correntes oscillantes, e que Tesla designou com o nome de *pinceis*.

Nas lâmpadas providas com calotes conductoras, estes effeitos sam sempre pouco visiveis e duradouros; os melhores resultados obtêm-se com as lâmpadas apolares.

Os modelos recommendados por Tesla constam duma espécie de balão, análogos aos empregados nos laboratórios chymicos, em cujo collo se solda um tubo barométrico com uma das extremidades soprada em esphera.

Na construcção da lâmpada, deve haver todo o cuidado em a collocar bem ao centro do balão, sem o que seria impossivel observar os pinceis luminosos.



O tubo barométrico póde ser revestido por uma delgada folha d'alumínio antes de ser soldado ao pé da lâmpada, o que, não sendo essencial para a producção do phenómeno, augmenta consideravelmente a sua intensidade.

A pequena esphera do tubo barométrico enche-se com um pó conductor, que um fio metálico, atravessando este tubo em toda a sua extensão, póde fazer communicar com um gerador de correntes alternativas.

A fim de evitar o emprego de conductores, construiu Tesla uma outra lâmpada constituída como a precedente por um balão em cujo collo se solda um tubo adelgado, terminado tambem por uma pequena esphera.

No interior destes vazos faz-se moderadamente o vazio, de modo que ambos elles fiquem com uma porção d'ar a uma pressão inferior á atmosphérica.

Na construcção desta lâmpada é do mesmo modo da maior importância que as duas espheras sejam concéntricas.

Para fazer funcionar esta lâmpada, deve revestir-se o seu collo com uma folha d'estanho, que se liga ao transformador.

O estanho actúa por inducção no ar rarefeito encerrado no collo do balão, que por sua vez actúa sobre o ar contido na esphera maior.

Sendo muito baixa a pressão interior, estas lâmpadas sem coberturas metálicas não se illuminam, em geral, mesmo quando directamente ligadas ao gerador d'oscillações.

Para a excitar é, na maior parte das vezes, necessário esfregá-las ao de leve com a mão.

No princípio da experiência, observa-se uma phosphorescência muito intensa espalhada sobre o globo externo.

A phosphorescência é passageira sendo em breve substituída por uma luz uniforme, muito branca.

Passado pouco tempo, começa a observar-se uma desigualdade na distribuição da luz pela superfície da lâmpada, apparecendo um dos hemisphérios mais intensamente illuminado que o outro.

A partir deste momento, o hemisphério menos illuminado vae gradualmente escurecendo, até que ao fim dalguns minutos, horas, dias e até, ás vezes, semanas, fica completamente escuro.

No outro hemisphério, a luz concentra-se gradualmente até se notar, finalmente, uma calote fortemente illuminada por um cone de radiações luminosas, cujo vértice é a pequena esphera central da lâmpada.

Chegado a este ponto, o cone ou pincel luminoso torna-se extraordinariamente sensível ás acções electro-estáticas e magnéticas.

Suspendendo a lâmpada por meio dum fio e afastando os objectos vizinhos, vê-se o pincel tomar uma posição diametralmente opposta á dum observador, que se approxime a alguns passos de distância.

O penacho descreverá um círculo, conservando-se sempre o mais afastado possível do observador, se este caminhar em torno da lâmpada.

Sendo o pincel muito sensível, um observador collocado em posição conveniente pôde extingui-lo fazendo qualquer movimento, como por exemplo, pela simplez extensão dos músculos do braço.

O movimento pôde ser retardado ou acelerado pela aproximação do corpo humano ou de qualquer outro conductor. Não pôde, porem, ser invertido, mesmo que se altere a posição da lâmpada.

Uma lâmina metálica, em comunicação com o segundo polo do transformador, influe a grandes distâncias na velocidade de rotação do pincel, que por vezes pôde reduzir a uma volta por segundo.

Quando o pincel luminoso adquire a fôrma definitiva, e já mesmo um pouco antes, mostra-se duma extraordinária sensibilidade para as acções magnéticas.

A acção do campo terrestre é sufficiente para o fazer gyrar com um movimento uniforme em torno da pequena esphera.

Suspendendo a lâmpada de modo que o globo fique voltado para a parte inferior, o movimento do pincel, devido á acção magnética da terra, faz-se sempre no nosso hemisphério no sentido do movimento dos ponteiros dum relógio.

No hemisphério austral o movimento far-se-hia em sentido inverso.

O movimento do pincel accelera-se, quando está em angulo recto com as linhas de força do campo terrestre.

E', porem, muito mais intensa a acção exercida pelos magnétes ordinários.



Um pequeno magnete rectilíneo, cujos polos não distem entre si mais de dois centímetros, actúa á distância de dois metros, accelerando ou retardando o movimento do pincel luminoso, conforme o nome do polo que delle mais se approxima.

Os pinceis luminosos sam tambem muito sensiveis ás variações de temperatura, de potencial e de frequência.

Fazendo separadamente variar qualquer destas últimas condições, a sensibilidade modifica-se; variando ambas ao mesmo tempo, o pincel deixa em geral de se mover.

Visto a grande sensibilidade dos pinceis luminosos, affectados mesmo pelas mais pequenas variações, poderia, segundo Tesla, ter este phenomeno vantajosas applicações, permittindo a transmissão de despachos a qualquer distância, através do Atlántico, por exemplo.

Bastaria para isso poder torná-los mais intensos e delgados, de modo a poderem photographar-se facilmente as suas alterações.

No intuito de verificar se o movimento dos pinceis era ou não acompanhado do movimento da corrente, collocou Tesla nas vizinhanças do tubo, na direcção dos raios luminosos, um pequeno molinete formado por delgadissimas palhetas de mica.

Apezar desta experiência ser muitas vezes repetida, nunca se observou a mais ligeira rotação, o que admira vista a grande influencia exercida pelo molinete sobre o pincel.

Rotações semelhantes em torno de magnetes têm muitas vezes sido observadas com os pena-

chos luminosos obtidos por meio das máchinas electro-estáticas, não offerecendo por isso novidade. O phenómeno dos pinceis é porem interessante, por ser produzido por oscillações muito rápidas, que em instantes successivos carregam o corpo irradiante em sentidos contrários.

A constância do sentido de rotação dos pinceis luminosos, existentes num campo magnético permanente, mostra bem, que as acções das correntes positivas e negativas das correntes de grande frequência não sam eguaes, preponderando sempre umas sobre as outras.

Tesla suppõe, que os pinceis luminosos sam devidos á acção electro-estática e á asymetria da parede do globo.

Este modo de ver parece confirmado pela tendência que os pinceis têm de se fixar em determinada direcção, gyrando sòmente debaixo da influencia das acções electro-estáticas ou magnéticas.

Segundo esta explicação, os pinceis não se deviam formar caso as duas esferas da lâmpada fossem perfeitamente concéntricas, o vidro homogénio e de espessura constante, porque seria entam egual em todas as direcções a influencia exercida pela parede exterior.

Até hoje não ha porem outra hypóthese que tente explicar este interessante phenómeno, apezar das experiéncias terem sido repetidas com cuidado na maior parte dos laboratorios da Europa e da América.

O estudo destes phenómenos, quando melhor se conheçam os processos de o produzir e modificar,

será, sem dúvida, um poderoso auxiliar para o conhecimento dos campos magnético e electrostático.

**S. Phenómenos de phosphorescência.** A phosphorescência provocada pelas correntes alternativas é incomparavelmente mais poderosa que a obtida pelos processos ordinários.

Um pequeno balão de vidro phosphorescente, ligado ao transformador por meio dum fio metálico, emite luz sufficiente para se lerem os caracteres d'imprensa, a dois ou três metros de distância.

Sam factos de ha muito sabidos, que os corpos phosphorescentes conduzem mal o calor e a electricidade, bem como, que a phosphorescência cessa quando estes corpos se aquecem além de certa temperatura.

Os conductores, pelo contrário, não possuem esta propriedade.

Parece, porem, haver um pequeno número d'excepções a esta regra, entre as quaes se conta o carvão, que Becquerel viu phosphorescer a uma temperatura próxima do rubro escuro.

Este phenómeno pôde facilmente observar-se em lâmpadas cujos eléctrodos sejam esferas de carvão, com seis millímetros de diâmetro próximamente.

Sujeitando-as á acção das correntes alternativas, os eléctrodos apparecem revestidos por uma camada branca de neve, poucos momentos antes de se tornarem incandescentes.



Não se conhecem, até agora, relações entre a verdadeira incandescência e a phosphorescência excitada pelas collisões atômicas ou pelos choques mechânicos.

Nota-se apenas, que todas as causas tendentes a localizar ou a augmentar os effeitos caloríficos sam tambem as mais favoraveis para a producção da phosphorescência.

E' assim, que numa lâmpada onde seja pequeno o eléctrodo e grande portanto a densidade eléctrica, elevado o potencial e muito diminuta a pressão gazosa, causas todas ellas que favorecem os movimentos das partículas materiaes, se obtem sempre uma intensa phosphorescência.

Uma lâmpada provida de dois eléctrodos, um pequeno outro grande, mostra-se phosphorescente ou não, conforme se liga o primeiro ou o segundo eléctrodo a um dos polos do transformador.

Sendo grande a superficie dos eléctrodos, as lâmpadas não se mostram em geral phosphorescentes quando se adapta a mão sobre a parede exterior. A phosphorescência apparece tocando o envólucro com uma ponta metálica, que augmenta muito a densidade eléctrica no ponto de contacto.

E' tambem notavel a acção, que na phosphorescência tem a atmosphaera encerrada nas lâmpadas.

Quando nas lâmpadas formadas por duas espheras concéntricas a pressão na camara exterior é apenas sufficiente para permittir a passagem da descarga, o espaço comprehendido entre as espheras toma uma côr carmezim, que produz um bello effeito.

Empregando baixas frequências, os gases de peso atómico mais elevado excitam melhor a phosphorescência, que aquelles, que, como o hydrogénio, a têm menor.

Como bem se sabe, obtêm-se magníficos effeitos com o oxygénio, que alguns mesmo attribuem em grande parte a acções chymicas deste gaz.

Alguns líquidos, óleos principalmente, produzem magníficos effeitos de phosphorescência quando encerrados em tubos vazios.

Os melhores resultados foram porem os obtidos com os tubos de Crookes, especialmente com aquelles que continham sulfureto de zinco.

Pena é, que este corpo deixe de emitir luz a uma temperatura relativamente baixa, o que exige o emprego de pequenas intensidades e muito cuidado na regulação da frequência.

E' curiosa a observação feita por Tesla, que o sulfureto de zinco enegrece, quando encerrado numa lâmpada com eléctrodos de alumínio, retomando a sua côr natural sòmente depois de arrefecer.

**9. Conductibilidade do corpo humano.** As experiências feitas com o auxilio dum só fio ou aquellas em que se dispensa o emprego de conductores, podem ser repetidas aproveitando a conductibilidade do corpo humano.

Esta é com certeza de todas as experiências de Tesla a que mais impressão faz.

Um transformador dando violentissimas faiscas de muitos centímetros de comprimento, capazes

de illuminar lâmpadas da maior voltagem, pode ser tocado por um observador sem que elle sinta outra impressão além do calor desenvolvido pela descarga.

Como o aquecimento pode ser violento chegando mesmo a destruir a epiderme, é conveniente estabelecer o contacto com o transformador por meio dum pedaço de metal prèviamente seguro na mão.

As correntes sam tanto mais insensíveis quanto mais elevada fôr a frequência, não tendo nós mesmo recebido choques, que passassem além do cotovello.

Pondo assim uma das mãos em contacto com um dos polos do transformador, podem excitar-se, segurando-os na outra mão, qualquer dos modelos de lâmpadas anteriormente descriptos.

E' conveniente nestas experiências provê-las dum pequeno cabo conductor, que augmente o poder illuminante.

Mas esta disposição não é necessaria, porquanto, sendo elevada a frequência, a energia transmittida pelo corpo e por um fio simplesmente ligado ao vidro, e que serve para suspender a lâmpada dum dedo, é sufficiente para tornar luminoso o filamento.

Um tubo contendo um corpo phosphorescente, sobre o qual se disponha uma lâmina de platina ligada a um fio que estabelece a communição com a parte exterior, illumina-se vivamente, quando suspenso nas mesmas condições.

A energia transmittida através do corpo é tambem sufficiente para revestir duma bainha luminosa



um fio metálico quando seguro na mão dum observador em comunicação com um transformador d'alta tensão.

Se o observador estiver isolado, vêem-se partir de toda a parte, dos cabellos e das pontas dos dedos principalmente, vivos pennachos luminosos que lhe dam o aspecto de se achar envolvido numa chamma.

### CAPITULO III

#### ACÇÃO DAS CORRENTES SOBRE OS SÊRES VIVOS

Sem querer de modo algum invadir os domínios de alheias sciências, principalmente os da medicina, não podemos deixar de nos referir ás acções exercidas pelas correntes alternativas sobre a economia.

Descrevendo as experiências de Tesla, tivemos occasião de ver, que pelo menos na apparencia, estas correntes sam completamente inoffensivas.

O seu effeito, porém, não é nullo; e, devido principalmente aos trabalhos de D'Arsonval, o illustre physico e physiologista e a Charrin, o bacteriologista, podemos hoje em dia precisar qual a acção destas correntes.

Se os seus effeitos luminosos sam por vezes admiraveis, e se o seu aperfeiçoamento pode representar um grande progresso e bem estar da humanidade, não nos merecem menos interesse os effeitos biológicos, que parecem tambem destinados a revolucionar os effeitos therapêuticos e a resolver talvez o actual problema da bacterio-

logia, pela atenuação das toxinas e pela sua acção sobre as células das bacteriáceas.

Muito se tem feito e muito ha a fazer.

O interesse despertado por estas experiências é um penhor seguro de que ellas seram seguidas doutras, fecundas em resultados.

**1. Acções physiológicas e therapéuticas.** Sam de ha muito conhecidas as acções da electricidade sobre a economia animal e o impulso que a physiologia deve ao auxilio das correntes e da electricidade estática.

De ha muito tambem, que os médicos conhecem o partido que podem tirar da electricidade para o tratamento de várias doenças.

As rivalidades e discussões das escholas franceza e allemã, aggravadas pelos acontecimentos politicos, sam disso testemunho.

Dellas resultáram vários trabalhos notáveis, entre outros os de Onimnus e Legros, premiados pela Academia das Sciências de Paris, em 1869, os de du Bois-Reymond e o tratado clássico do Dr. W. Erb.

Porém o estudo das acções das correntes alternativas é necessariamente recente, pois somente podia datar das experiências d'Hertz.

Já Ritter reconheceu, que a rã de Galvani era excitavel por estas correntes, e della se serviu como resonador (1) quando fez as suas

(1) Ritter, *Wied. Ann.*, tom. XL, pag. 52.



experiências sobre a reflexão dos raios electro-magnéticos.

Mas o estudo da electro-physiologia própria-mente dicta conservou-se, por assim dizer, em estado rudimentar até ao anno de 1881, em que no primeiro congresso internacional d'electricistas, D'Arsonval (1) conseguiu fazer adoptar em todos os países as unidades G. G. S., o que permittia repetir e verificar todas as experiências qualquer que fosse a sua proveniência, realizando-as sempre nas mesmas condições, physica e scientificamente definidas.

Outra coisa, que muito contribuiu para o adiantamento da electro-physiologia foi a definição da *characterística d'excitação eléctrica* (2) por uma curva, que se obtem, tomando os tempos de duração da onda eléctrica como abscissas e as variações de potencial no ponto excitado, como ordenadas.

Com o fim de obter commodamente este elemento, construiu D'Arsonval um aparelho registador das contracções musculares excitadas pelas correntes alternativas, que lhe permittiu estudar com segurança este phenómeno.

Como unidade d'excitação adoptou a que corresponde a uma variação de potencial de  $\frac{1}{100}$  de volt, produzindo-se em  $\frac{1}{100}$  do segundo, através dum condensador com  $\frac{1}{100}$  de farad de capacidade.

A esta unidade deu D'Arsonval o nome de *Galvani*.

(1) *Revue Scientifique*, 1881.

(2) D'Arsonval, *Archives de Physiologie*, 5<sup>me</sup> série, tom. 1, pag. 246, Paris, 1889.

Em seguida, como eram muito imperfeitos e irregulares a maior parte dos aparelhos empregados nas experiências de electro-physiologia, D'Arsonval depois de apresentar os seus conhecidos galvanómetros (1) e os eléctrodos não polarisaveis, construiu uma máchina geradora de correntes alternativas sinusoidaes, muito regulares (2), que ainda hoje tem grande voga entre os electro-therapeutas.

Pode dizer-se que data desta época o estudo das acções physiológicas das correntes alternativas, porque pouco depois D'Arsonval (3), apresentando ainda um novo modelo de gerador de correntes, chegava tambem á conclusão de que, não sendo muito elevada a frequência, o organismo pode ser atravessado por correntes assaz intensas, que não produzem dôres, contracções musculares nem acções chymicas.

Esta falta de acções physiológicas é apenas aparente, porquanto, analysando os gazes da respiração, nota-se que a passagem da corrente é acompanhada por um augmento na absorpção do oxygenio e na eliminção de gaz carbónico.

Augmentando gradualmente a frequência, consegue-se provocar enérgicas contracções muscula-

(1) D'Arsonval, *Archives de Physiologie*, 5<sup>me</sup> série, tom. 1, 1889, pag. 423.

(2) D'Arsonval, *Archives de Physiologie*, 5<sup>me</sup> série, tom. iv, 1892, pag. 69.

(3) D'Arsonval, *C. R.*, tom. cxiv, 1892, pag. 1534.

*Archives de Physiologie*, 5<sup>me</sup> série, tom. v, 1893, pag. 387.

*Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom. iii, 1893, pag. 607.

res, contudo muito menos dolorosas, sendo igual a intensidade da corrente, que as produzidas pelas descargas dos carretes d'inducção.

Nestas circunstâncias as combustões respiratórias exageram-se extraordinariamente, e as correntes concorrem poderosamente para modificar a nutrição.

A excitabilidade dos nervos depende da frequência e da intensidade da variação de potencial. A excitabilidade dos músculos depende, pelo contrário, da quantidade d'electricidade e da altura da queda do potencial.

Augmentando o número de inversões por segundo o número de contrações augmenta tambem, juntando-se depois umas ás outras até que o músculo acaba por se conservar numa contração permanente. O músculo está entam tetanizado.

Para obter no homem este resultado sam necessárias 20 a 30 inversões por segundo.

Fazendo crescer ainda o número d'oscillações, a excitação augmenta até um máximo, correspondente a um número d'inversões comprehendido entre 2.500 e 5.000.

A partir deste valor, vêem-se diminuir indefinidamente os phenómenos d'excitação á medida que augmenta a frequência, podendo, como se sabe, fazer-se passar através do organismo sem que disso se dê fé, correntes que seriam fulminantes, se a frequência fosse mais baixa.

Estas observações levaram D'Arsonval a estudar o mechanismo da morte produzida pelas correntes alternativas, reconhecendo assim, que na grande



maioria dos casos esta morte era apenas apparente.

Sòmente se torna definitiva, deixando persistir a suspensão da respiração.

Se se pratica a respiração artificial, o animal recupera os sentidos passado algum tempo.

Praticando a respiração artificial, e sujeitando o animal á acção da mesma corrente que anteriormente o fulminára, elle manifesta sòmente dores muito intensas, sem contudo perder os sentidos.

Ha, porém, um limite da resisténcia do organismo, que se attinge quando a acção da corrente, produzindo o tétano de todos os músculos, eleva a temperatura interior do corpo acima de 45°.

O animal entam morre, porque o calor coagula as fibras musculares do coração.

Este modo de ver é confirmado pela possibilidade de continuar a electrizar o animal, com tanto que elle seja resfriado ao mesmo tempo.

D'Arsonval demonstrou assim, que a morte produzida pela acção das correntes alternativas tem por origem a asphyxia proveniente da suspensão da respiração e, sendo prolongada a acção, pela suspensão dos movimentos do coração resultante da elevação de temperatura.

A electrocução, applicada segundo a lei dos Estados Unidos da América, não representa pois um progresso sobre a decapitação.

Evita por certo a effusão de sangue, mas nada prova, que o suppliciado perca os sentidos quando passa a corrente, sendo até mesmo possível, em muitos casos, que a morte seja apenas apparente.

Depois das descobertas d'Hertz, D'Arsonval pode entam, aproveitando as rápidas oscillações dos excitadores, desenvolver á sua vontade o estudo das acções das altas frequências.

D'Arsonval (1) empregou nas suas experiências as oscillações produzidas pelas descargas de condensadores, servindo-se duma disposição muito parecida com a de Lodge.

As armaduras internas de duas garrafas de Leyde ligavam-se a uma fonte d'electricidade d'elevado potencial. As armaduras externas reüniam-se por um solenoide formado por 15 ou 20 espiras dum fio grosso de cobre.

Desejando augmentar a tensão collocava-se no interior do solenoide um carrete constituído por um tubo de vidro coberto por muitas espiras dum fio fino de cobre, bem isolado, mergulhado, segundo as indicações de Tesla, num óleo isolador.

Esta disposição permite repetir a maior parte das experiências executadas por Tesla com auxilio do seu transformador.

De duas maneiras se podem utilizar os effeitos physiológicos destas correntes: fazendo-as atravessar directamente os tecidos, ou envolvendo-os por um solenoide do fio conductor, que com elles se não liga electricamente.

Neste último caso, os tecidos comportam-se como conductores fechados sobre si mesmos, e sam percorridos por correntes extremamente enérgicas.

(1) D'Arsonval, *Archives de Physiologie*, 5<sup>me</sup> série, tom. v, 1893, pag. 401.

Debaixo do ponto de vista physiológico, os effeitos obtidos sam sensivelmente os mesmos nos dois casos.

A acção das correntes alternativas de grande tensão é nulla sobre a sensibilidade geral e sobre a contractilidade muscular. Isto é, como se sabe, um factó d'observação geral de todos aquelles que tẽem experimentado com estes transformadores.

Correntes capazes de alimentar uma porção de lâmpadas eléctricas não produzem a mais pequena sensação, a não ser a de calor, caso a corrente seja muito intensa.

D'Arsonval deixou-se atravessar por correntes de 3.000 milliamperes, alternando um milhão de vezes por segundo.

Uma corrente dez vezes menor, alternando cem vezes no mesmo espaço de tempo, seria sufficiente para matar muita gente.

Duas hypótheses se tẽem aventado para explicar este phenómeno paradoxal.

A hypóthese d'Hertz admitte, que estas correntes se propagam unicamente á superficie do corpo onde não penetram nem a milléssima parte dum millimetro, não podendo por isso excitar os nervos, mesmo os mais superficiaes.

A outra hypóthese de D'Arsonval suppõe, que os nervos sensitivos e motores se acham organizados como verdadeiros resonadores, sòmente excitaveis por vibrações de determinada frequén-cia; isto é, dar-se-hia com as vibrações eléctricas uma coisa semelhante ao que se passa com o nervo óptico, cujas terminações sam cegas para



as vibrações do ether de períodos inferiores a 497 e superiores a 728 bilhões por segundo.

O nervo acústico acha-se nas mesmas condições para as vibrações sonoras de frequência inferior a 32 e superior a um número compreendido entre 40.000 e 50.000, conforme os indivíduos.

A explicação d'Hertz não é aceitavel, porque as correntes d'alta frequência não se propagam no corpo humano como nos conductores.

As próprias fórmulas que traduzem a conductibilidade metálica indicam, que a distribuição da corrente deve ser uniforme no corpo humano, cuja conductibilidade é inferior á da água salgada a 1 por 100.

D'Arsonval (1) verificou este facto, medindo a densidade das correntes segundo o eixo ou junto ás paredes dum cylindro de vidro de 70<sup>cm</sup> de altura por 25<sup>cm</sup> de diâmetro, cheio d'água salgada naquella proporção.

A densidade da corrente não differia, duns casos para os outros, da centésima parte do seu valor.

O que é certo é que as correntes d'alta frequência não provocam nenhuma reacção do organismo.

Esta innocuidade pode explicar-se pela falta d'excitação, ou antes, admittindo, que estas correntes exercem sobre os centros nervosos e sobre os músculos, a acção particular que Brown-Sequard denominou inibição.

(1) D'Arsonval, *C. R.*, tom. cxxiii, 2<sup>me</sup> semestre, 1896, n.º 1, pag. 23.

Esta acção é mesmo posta em evidência pela experiência.

E' assim, que os tecidos atravessados por estas correntes se tornam menos excitaveis pelos excitantes ordinários, e que o systema nervoso vaso-motor se mostra muito influenciado.

Collocando, por exemplo, um manómetro de mercúrio na carótida dum cão, vê-se a pressão arterial diminuir de vários centímetros, debaixo da acção das correntes de grande frequência.

Verifica-se o mesmo resultado no homem, com o auxilio do esphygmógrapho de Marey.

Ha portanto uma manifesta inibição do systema nervoso vaso-motor, independente de qualquer sensação consciente, o que prova, que as correntes d'alta frequência penetram profundamente no organismo.

Prolongando a acção das correntes, vê-se a pelle vascularizar-se, cobrindo-se ao mesmo tempo de suor.

Consegue-se o mesmo resultado, collocando sobre um tamborete isolador um individuo em communição com um dos polos do transformador, e ligando o outro a uma lâmina metálica isolada, situada próximo da cabeça.

Nota-se tambem um augmento na intensidade das combustões respiratórias, submettendo um animal inteiro á acção das correntes, quer directamente, quer introduzindo-o no solenoide.

Neste caso, o thermómetro mostra não haver elevação de temperatura central. O excesso de calor desenvolvido perde-se por irradiação e eva-

poração, como facilmente se demonstra, introduzindo o animal num calorímetro.

O rhythmo e a amplitude dos movimentos respiratórios augmentam tambem consideravelmente, como o mostram as inscrições destes movimentos no cylindro de Marey (1).

Este modo particular d'electrizaçào dos sêres vivos foi por D'Arsonval (2) denominado *auto-conducção*.

Para obter apparatus próprios e cómodos para as suas investigações, construíram-se enormes solenoides, formados por conductores ordinários da luz, cuidadosamente enrolados em cylindros de cartão, madeira ou vidro, onde cabia um homem.

Com estes apparatus fizeram-se curiosíssimas experiências.

Dando ao solenoide, cujas espiras devem ser cuidadosamente isoladas, a fórma dum annel ou corôa, e collocando-o na cabeça dum homem, por cima dum fio de cobre ligado a uma lâmpada de 100 velas, consumindo 3 ampêres com uma differença de potencial de 110 volts, esta illumina-se vivamente, sem que o individuo sinta qualquer sensação particular.

Outro observador incurvando os braços de maneira a poder sustentar o solenoide e segurando com as mãos afastadas uma da outra as extremidades de dois conductores ligados a uma lâmpada

(1) Dr. H. Bordier, *Précis d'électrothérapie*, Paris, 1897.

(2) *C. R.*, tom. cxvii, 1893, pag. 34.

*Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom. iv, 1895, pag. 138.



d'incandescência, vê, que ella se illumina logo que a corrente passa.

Pode nesta experiência fazer-se diminuir a resistência da pelle das mãos, e obter portanto mais facilmente a incandescência da lâmpada, mergulhando-as em água salgada quente.

Estas experiências fizeram grande sensação, quando descriptas pela primeira vez.

Contribuiu para o successo o entusiástico testemunho de Cornu, o illustre physico, e de Marey, o sábio physiologista, que se prestaram a deixar-se atravessar por correntes alternativas dando faíscas de muitos centimetros de comprimento.

Como era d'esperar, vistas as modificações da transpiração e das trocas gazosas da respiração, verificou tambem D'Arsonval (1) que os animaes sujeitos por muito tempo á acção das correntes oscillantes diminuem de peso mais rapidamente.

Nestas experiências o solenoide contendo o animal collocava-se no prato duma balança registadora de Richard.

Uma cobáya perde 6 grammas em 16 horas, não sendo o solenoide percorrido pelas correntes.

No mesmo espaço de tempo perde 30 grammas, quando sujeita a acção das oscillações eléctricas.

Interrompendo novamente a corrente, nota-se o curioso phenómeno do animal ganhar um gramma próximamente durante as duas primeiras horas, depois do que a perda continúa a effectuar-se regularmente como antes da experiência.

(1) D'Arsonval, *C. R.*, tom. CXXIII, 1896, pag. 18.

Viu-se tambem pela inscripção da balança, que a perda do peso somente se torna uniforme meia hora depois d'estabelecida a corrente.

A fim d'evitar a evaporação, que falsearia os resultados, o solenoide dispunha-se de maneira que as dejecções do animal eram recebidas em azeite.

Outra cobáya perdia, no estado normal, 6 grammas em 5 horas, e 24 no mesmo tempo quando passava a corrente.

Um coelho perdia 48 grammas, estando sujeito oito horas á influencia das oscillações, e 23 grammas no mesmo tempo, nas condições normaes.

A perda do peso é, como se vê, mais activa para os animaes mais pequenos.

Danilewsky, professor na Universidade de Khar-koff (1), teve occasião d'estudar detalhadamente a acção dos raios eléctricos sobre os nervos e músculos.

As numerosas experiências effectuadas por este professor concordam com tudo quanto até aqui se tem feito sobre o assumpto, principalmente com as experiências de D'Arsonval, cujas ideias confirmam.

Não entramos no detalhe destas experiências, que pelo seu character mais interessam á physiologia pura do que ao assumpto que nos propuzemos tratar.

(1) Danilewsky, *Archives de Physiologie*, 5<sup>me</sup> série, tom. ix, n.º 3. Juillet, 1897, pag. 511 e 527.

C. R., tom. cxxiv, n.º 24. Juin, 1897, pag. 1392 ; n.º 25. Juin, 1897, pag. 1476.

De todas as observações sobre os efeitos physiológicos das correntes alternativas se conclúe que o organismo é por ellas profundamente influenciado, debaixo do ponto de vista das trocas nutritivas dos tecidos.

Num individuo sujeito á sua acção, no interior do solenoide, augmentam as combustões na profundidade dos tecidos e as trocas dos gazes respirados, correspondendo isto á execução dum violento exercício, como seja uma excursão de montanha ou uma corrida em bicycleta. Não sente, porem, o cansaço que dahi lhe podia provir.

Tesla (1) que observou tambem os efeitos physiológicos das oscillações eléctricas e o calor que ellas podem produzir, chamou a attenção dos médicos para o que elle denominou *massagem eléctrica*.

Sustenta tambem, que o calor produzido por este processo seria sufficiente para que uma pessoa inteiramente nua, collocada no polo norte, se encontrasse numa temperatura confortavelmente quente.

Vistas estas enérgicas acções physiológicas, estava naturalmente indicada a exploração dos efeitos therapêuticos destas correntes, muito mais num tempo em que a eléctro-therapêutica ganha terreno dia a dia.

Apostoli (2) applicou-as com bom resultado em gynecologia a fim de combater as dôres e a leucorrhœa.

(1) Tesla, *The electrical Engineer*, New-York. December, 23, 1891.

(2) Apostoli, *C. R.*, tom. cxxv, n.º 4. Juillet, 1897, pag. 267.



Gauthier e Lortet empregaram-nas nas doenças provocadas pela lentidão de nutrição;

Oudin (1) em dermatologia, principalmente no tratamento dos eczemas, que viu completamente curados no fim de três ou quatro sessões.

Tambem com os melhores resultados foram por Apostoli e Berlioz (2), tratados arthríticos, gottosos, rheumáticos, glycosúricos, etc.

Em todos estes doentes se notou a restauração das forças, a volta de appetite, do somno, da alegria, da vontade de trabalhar, a facilidade em andar e o desaparecimento da maior parte das perturbações locais e tróphicas.

A secreção urinária era muito augmentada, ao passo que diminuía a proporção d'acido úrico.

D'Arsonval e Charrin (3) tentáram tambem no Hotel Dieu o tratamento da diabetes por meio das correntes d'alta frequência.

Um homem de 33 annos, atacado havia 4 annos, dava 11<sup>l</sup>,300 d'urina por dia com 620 grammas, ou 54 grammas por litro.

Ao fim de 42 dias de tratamento, a secreção urinária fixava-se em 7 litros por dia contendo 180 grammas d'assucar, ao mesmo tempo que a pressão arterial passava de 15 a 25<sup>cm</sup> de mercúrio e a temperatura retomava o valor normal.

(1) Oudin, *Societé française d'électrotherapie de Paris*, Mars, 1895.

(2) Apostoli et Berlioz, *C. R.*, tom. cxx, 1894, pag. 644. *C. R.*, tom. cxxv, n.º 5. Août, 1896, pag. 341.

(3) D'Arsonval et Charrin, *C. R.*, tom. cxxiii, 1896, pag. 23.

Noutro caso, uma mulher albuminúrica e diabética, ao fim de 15 dias de tratamento, eliminava metade do assucar primitivamente encontrado nas urinas, baixando a sua proporção de 47 a 24 grammas por litro. No mesmo tempo a pressão arterial passou de 30 a 25 centímetros de mercúrio, e o pulso de 64 a 76.

Em ambos os casos augmentava a toxidade das urinas, quasi nulla no princípio do tratamento.

Estes exemplos sam sufficientes, embora outros se pudessem citar, para demonstrar o valioso auxilio que a medicina encontra no emprego das correntes de grande frequência.

**2. Acção sobre as bacteriáceas.** O estudo das influências que os agentes physicos exercem sobre os sêres vivos, tem grande interesse, ao mesmo tempo theórico e pratico.

O biologista tem por missão investigar as variadissimas circumstâncias capazes de actuar sobre as differentes células, que influenciadas a todo o instante soffrem na verdade a sua acção.

Este estudo, a que muitos se têm dedicado, tem já evidenciado uma quantidade de phenómenos, em número muito pequeno, comparado com a quantidade e complexidade das influências, cuja intervenção nem sempre é facil d'observar, principalmente quando se experimenta com sêres superiores.

Sam, em parte, conhecidas as influências da temperatura, calor, luz e pressão.

Conhecem-se tambem alguns dos accidentes nervosos, desde a simplez commoção até ás perturbações sensitivas, motoras, psychicas e á própria morte, produzidas pela acção da electricidade, principalmente da atmosphérica.

No intuito de conhecer qual a acção deste agente sobre as células vivas, D'Arsonval e Charrin (1) estudaram a sua influencia sobre as bacteriáceas, que para estas experiências apresentam todas as vantagens.

Por um lado, como seres unicellulares muito simplez e de facil cultura, prestam-se completamente a todas as manipulações e observações; por outro lado, sendo causa da maioria das doenças parasitárias e contagiosas, quaesquer modificações que conseguissem attenuar ou mesmo fazer desaparecer a sua virulência, seriam resultados importantissimos.

As experiências sam, porém, difficeis de realizar, porque, em geral, actúam muitos agentes ao mesmo tempo.

Assim, se por influencia da corrente a temperatura se eleva acima de 50°, a acção do calor confunde-se com a da electricidade.

Se a corrente decompõe o caldo em que se faz a cultura, os productos da decomposição podem actuar sobre os bacillos, representando, por vezes, o papel d'antisépticos.

E' o que acontece, juntando algumas gottas

(1) D'Arsonval et Charrin, *Archives de Physiologie*, 5<sup>me</sup> série, tom. v, 1893, pag. 664.



duma cultura pyocyánica a um líquido contendo iodeto de potássio, onde se liberta o iodo quando a corrente passa.

Culturas semeadas com este líquido mostram que o poder chromogénico dos bacillos fica profundamente alterado.

Esta acção pode dar-se mesmo no tecido cellular sub-cutâneo, como se prova, injectando o líquido isolado nas proximidades duma mancha pyocyánica.

Sujeitando em seguida o individuo á acção das correntes, o líquido é decomposto no interior do organismo, e faz perder aos bacillos parte da sua actividade, impossibilitando-os de fabricar pyocyanina nas culturas posteriores semeadas em gelose.

Para evitar estas acções, D'Arsonval e Charrin empregaram nas suas experiências correntes alternativas d'alta tensão, que actuavam sobre as culturas situadas num tubo, que occupava o eixo dum solenoide, formado por 15 ou 20 espiras dum fio de cobre isolado, de 3<sup>mm</sup> de diâmetro.

E' impossivel fazer passar directamente a corrente pelo tubo, o que produziria uma elevação de temperatura muito rápida, impossivel d'evitar, mesmo com a disposição indicada.

Para que as differenças de temperatura não falseassem as observações, um thermómetro mergulhado no caldo indicava quando se devia interromper a experiência e mergulhar o tubo em água fresca.

Estas experiências foram começadas em abril de 1893.

Numa das primeiras collocou-se no interior do solenoide um tubo d'ensaio contendo uma cultura de bacillos pyocyanicos.

Antes da passagem da corrente semearam-se na geleia duas gottas desta cultura, rica em pigmentos; e 10, 20, 60 minutos depois de estabelecida a corrente, semearam-se no mesmo caldo, mas em tubos diferentes, duas gottas da mesma cultura.

Collocaram-se em seguida todos os tubos numa estufa a 35°, onde estiveram durante três dias, ao fim dos quaes o simplez exame mostrou, que o bacillo proliferára igualmente em todos elles.

A fórma e o poder pathogénico não mostraram alteração, mas o poder chromogénico foi completamente alterado.

Os dois primeiros tubos apresentavam uma côr azul intensa, um pouco enfraquecida no segundo, enquanto que nos dois últimos a côr era apenas esverdeada, e muito desvanecida no quarto (1).

Augmentando a intensidade das correntes, os resultados obtidos foram mais precisos. Não só se modificaram as propriedades chromogénicas como tambem o poder de proliferação dos micróbios.

Empregando a disposição experimental de D'Arsonval (2), com uma frequéncia de 250.000

(1) D'Arsonval et Charrin, *Société de Biologie*, 6 mai, 1893.

*Revue Générale des Sciences*, tom. iv, 1893, pag. 361.

(2) D'Arsonval et Charrin, *Archives de Physiologie*, 5<sup>me</sup> série, tom. viii, 1896, pag. 317.

*C. R.*, tom. cxxii, 1896, pag. 280.

oscillações por segundo, obtiveram-se resultados muito satisfatórios.

Submettendo, durante um quarto d' hora, uma toxina diphtérica muito activa á acção das correntes, injectáram 2 centímetros cúbicos em três cobáyas.

Análoga injeccão se fez em três outras destinadas a servir de testemunhas, com a toxina não electrizada.

As testemunhas morreram ao fim de 24, 25 e 28 horas.

Das cobáyas injectadas com os bacillos electricizados, uma morreu ao fim de três dias; as duas outras resistiram.

Quatro outras cobáyas, tendo recebido 2<sup>cc</sup>,5 da mesma toxina electrizada, passavam bem ao fim de onze dias.

Depois destas experiências tornou-se evidente a atenuação das toxinas.

Experimentando com outros germens, injectáram-se três centímetros cúbicos de toxina pyocyanica electrizada em quatro cobáyas e igual dose de toxina normal em quatro testemunhas, que morreram ao fim de quatro dias.

As primeiras viviam ainda quatro semanas mais tarde.

E' pois, cabal a demonstração de que as toxinas sam atenuadas pelas correntes de grande frequência.

Este facto é importantíssimo porque leva a admitir a possibilidade de se fazer a atenuação directamente no organismo contaminado.



As toxinas, submettidas á acção das correntes de grande frequência, não só se attenuam, como até mesmo se convertem em substâncias immunizantes, em verdadeiras vaccinas.

Inoculando meio centímetro cúbico duma cultura pyocyánica muito virulenta em três cobáyas, tendo dias antes recebido dois centímetros cúbicos e meio da mesma toxina submettida á acção das correntes oscillatórias, viu-se uma morrer ao fim de quatro dias, e duas resistirem.

As testemunhas morreram ao fim de dois dias.

Noutra experiência observou-se, que, passados quinze dias depois da inoculação da toxina attenuada, as cobáyas inoculadas duma cultura virulenta duráram mais quinze dias que as testemunhas.

Deve observar-se, que estes animaes foram inoculados unicamente com o fim de avaliar o grau de attenuação das toxinas.

E' muito provavel, que seguindo as regras indicadas para a vaccinação, injectando primeiro doses mínimas e augmentando-as progressivamente, se tivesse obtido nestas experiências uma immuidade mais completa.

Os mesmos auctores (1) têm continuado estas experiências e sempre com o mesmo bom resultado.

(1) D'Arsonval et Charrin, *Société de Biologie*, 1 de fevereiro, 27 de junho e 18 de julho de 1896.

*Revue Générale des Sciences*, tom. VII, pag. 326, 665 e 667.

Sam também interessantes as observações de Louis Dubois, de Reims (1), que escolheu como germen pathogénico o estreptococco, inoculando as culturas em coelhos.

O animal inoculado na orelha apresenta, em seguida a uma incubação dalgumas horas, um rubôr, que alastra rapidamente para as regiões próximas, ao mesmo tempo que se manifesta uma febre muito intensa.

Sendo muito virulento o estreptococco, o animal morre ao fim dalgumas horas.

Para submeter as culturas á acção das correntes d'alta frequência, Dubois encerrava o sôro líquido onde se achavam semeadas num pequeno sacco de pergaminho, com os bordos perfeitamente fechados por parafina.

Este sacco, de 8<sup>cm</sup> de comprimento por 1<sup>cm</sup> de largura, suspendia-se por meio de fios de seda ás extremidades dum tubo de vidro, com a fórmula dum U muito aberto, completamente cheio de sôro líquido.

As extremidades do tubo fechavam-se com rolhas de carvão das retortas, lutadas com parafina, a que se ligavam os fios conductores da corrente.

A disposição do transformador era a mesma de D'Arsonval.

Numa série de cinco experiências reconheceu-se do mesmo modo, que a acção das correntes não só attenuava muito o poder dos bacillos, incapa-

(1) Louis Dubois, *C. R.*, tom. cxxiv. Avril, 1897, pag. 788.

zes de produzir a morte depois d'electrizados durante vinte minutos, mas tambem que essas culturas eram capazes de immunizar o animal, pelo menos temporariamente, contra a acção do estroptococco.

Este processo da transformação das substâncias virulentas em vaccinas entrou já na prática diária dos laboratórios (1), onde é empregado, sempre que é possível, pela sua simplicidade e rapidez.

Ao fim dalguns minutos, consegue-se obter o que tantas semanas e trabalhos exige como, por exemplo, a preparação do sôro de Roux. Lortet (2) fez tambem curiosas observações sobre a orientação dos bacteriáceas, sujeitas á acção das correntes alternativas.

Os bacillos vivos orientam-se no sentido da corrente, mas, desde que um liquido antiséptico os mata, a acção da corrente é nulla.

Os bacillos não se tocam pelas extremidades, como succederia aos corpos polarizados; collocam-se apenas parallelamente entre si e a corrente.

Interrompendo a descarga, os micróbios movem-se livremente em todas as direcções, mesmo que a acção se tenha prolongado por espaço de doze horas. E' o que se verificou com o *Bacillus subtilis* e fôrmas análogas.

E' facil introduzir numa preparação uma gotta de fuchsina phenicada, que cora e mata os bacillos.

(1) Armand Gauthier, *Les toxines microbiennes et animales*. Paris, 1896, pag. 365.

(2) L. Lortet, *C. R.*, tom. cxxii, 1896, pag. 892.



Se a quantidade fôr tal que não invada toda a preparação, podem distinguir-se duas zonas: uma de bactérias mortas, insensíveis á acção da corrente, outra de bacillos vivos, que conservam a propriedade de se orientarem.

As correntes constantes não têm acção sobre estes microrganismos.

Dada a semelhança entre toxinas e venenos animaes, não é de admirar que Physalix (1) conseguisse attenuar os venenos, o da víbora em especial, pela applicação de rápidas oscillações eléctricas.

Este veneno, sujeito durante vinte minutos á acção das correntes alternativas, perde em parte as suas propriedades inflammatórias.

O veneno modificado pode tambem servir de vaccina, supportando os animaes vaccinados doses elevadas de veneno sem graves prejuizos para a sua economia.

Todas estas bellas experiéncias deixam entrever a possibilidade de, num futuro mais ou menos próximo, attenuar toxinas e venenos no próprio organismo, sem alterar em coisa alguma os elementos constituitivos dos tecidos.

A realizarem-se as previsões de Tesla, em cada casa o conductor da luz e do calor conduzirá tambem remédio para a maior parte das doenças e quem sabe mesmo se para todas.

(1) Physalix, *Société de Biologie*, 29 de fevereiro de 1896.

## CAPITULO IV

### ACÇÃO MAGNETIZANTE DAS CORRENTES ALTERNATIVAS

Em 1820, pouco tempo depois da descoberta d'Ersted, notou Arago, que um fio de cobre percorrido por uma corrente eléctrica attrahe a limalha de ferro, cujas particulas converte em outros tantos pequenos magnetes.

Arago reconheceu tambem, que uma corrente de electricidade produzida pelas máchinas electrostáticas possui a propriedade de magnetizar o aço, desde que pela interrupção do conductor se obrigue a descarga a fazer-se por uma série de faíscas.

Estudando mais demoradamente estes processos de magnetização, observou F. Savary (1) pela primeira vez, sem o saber, a acção magnetizante das correntes oscillantes provenientes da descarga de condensadores.

(1) F. Savary, *Annales de Chimie et Physique*, 2<sup>me</sup> série, tom. xxxiv. Paris, 1827, pag. 5.

Na primeira série destas experiências estudou-se a acção das descargas transmittidas por conductores rectilineos.

Os corpos a magnetizar eram constituídos por agulhas d'aço temperado muito finas, com  $0^{\text{mm}},25$  de diâmetro e  $15^{\text{mm}}$  de comprimento.

Disponham-se horizontalmente, a diversas distâncias do fio, também horizontal, de modo que, sendo perpendiculares ao fio, tivessem todos os centros no mesmo plano.

A bateria que fornecia as descargas, tinha  $594^{\text{cm}^2}$  de superficie. Os conductores eram fios de platina com o mesmo diâmetro das agulhas e com  $2^{\text{m}}$  de comprimento.

Chamando, com Savary, agulhas magnetizadas positivamente aquellas cujos polos estão situados, como estariam se o fio conductor fosse atravessado pela corrente duma pilha, notou-se, que o sentido do magnetismo produzido pela descarga mudou duas vezes nestas primeiras experiências.

A primeira agulha, em contacto com o fio, era positiva, bem como a décima e seguintes, que delle distavam entre  $10^{\text{mm}},9$  e  $130^{\text{mm}}$ .

Desde a segunda, situada a uma distância de  $2^{\text{mm}},5$ , até á nona, a  $9^{\text{mm}},7$ , eram todas negativas.

O valor da magnetização, medido pelo processo da balança de Coulomb, variava regularmente dumas agulhas para as outras.

As agulhas magnetizadas pelas descargas não apresentavam pontos consequentes nem centros múltiplos.



Submettendo á acção da mesma descarga agulhas idénticas mas de comprimentos diferentes, notou-se, que as distâncias do fio ás agulhas em que a magnetização muda de signal, sòmente differiam em duas ou três décimas de millímetros.

Estas differenças podem ser comprehendidas nos erros das primeiras experiências.

Reduzindo a metade o comprimento do fio conductor, observáram-se quatro mudanças no sentido da magnetização, sendo agora positivas as agulhas negativas da série passada e reciprocamente.

Idéntico resultado se obteve com um fio do mesmo comprimento, mas de  $0^m,37$  de diâmetro.

Empregando fios mais finos, de  $0^m,37$  de diâmetro e  $1^m$  de comprimento, não havia mudanças no sentido da magnetização.

Savary reconheceu que, empregando a mesma bateria com agulhas eguaes e fios da mesma natureza, a fórmula da série depende da intensidade da descarga e do diâmetro e comprimento do fio.

Sendo constantes a descarga e o comprimento, ha um diâmetro de fio para o qual a magnetização attinge um valor limite.

Do mesmo modo, existe tambem um máximo para um determinado comprimento, suppondo constantes a intensidade da descarga e o diâmetro do conductor.

Na segunda série d'observações, o fio conductor enrolou-se num cylindro ôco de madeira de  $9^cm$  de comprimento por  $6^cm,5$  de diâmetro exterior.

Nestas experiências pôs-se do mesmo modo em evidência a influência das dimensões e natureza do fio.

Savary estudou também o comportamento doutros corpos que não fossem o ferro e o aço, quando submettidos á acção das descargas eléctricas dos condensadores.

Na mesma hélice collocavam-se duas agulhas d'aço, uma nua e a outra envolvida por um cylindro grosso de cobre, isolado do fio conductor.

A acção duma descarga, que magnetizava fortemente a primeira, não tinha influência sobre a segunda agulha.

Substituindo esta agulha por outra previamente magnetizada e collocando-a no interior da hélice de modo que a descarga lhe invertesse os polos, ou pelo menos lhe diminuísse o magnetismo, viu-se também, que o cobre absorvia completamente a acção, porque a duração das oscillações da agulha era a mesma no principio e no fim da experiência.

Com o fim d'eliminar a influência do magnetismo terrestre, as agulhas collocáram-se sempre perpendicularmente ao plano do meridiano magnético.

Diminuindo gradualmente a espessura dos invólucros metálicos, as agulhas começaram a ser influenciadas, além de certas grossuras variáveis com a natureza do metal.

Para uma determinada espessura, as duas agulhas mostráram-se igualmente magnetizadas; continuando a adelgaçar a camada protectora, o magnetismo desta agulha augmentava, attingia

um máximo, e diminuía em seguida, até se tornar nòvamente igual ao da agulha não protegida.

Augmentando a intensidade da descarga, augmentava tambem a espessura do invólucro metálico necessário para que a magnetização das duas agulhas fosse igual.

Todas estas experiéncias se realizáram, enrolando folhas d'estanho em volta das agulhas.

Savary verificou, que dois cylindros da mesma espessura, um formado por estas folhas e outros d'estanho massiço tinham sensivelmente a mesma acção.

A oitava parte duma lâmina de prata batida, pesando  $0^{sr},005$ , enrolada em torno duma agulha com  $2^{cm}$  de comprimento, pesando quinze vezes mais, augmentava dum terço o valor da magnetização produzida numa agulha igual pela descarga duma garrafa de Leyde de tamanho regular.

Tres agulhas de  $15^{mm}$  de comprimento por  $0^{mm},4$  de diâmetro, uma nua e as outras revestidas por cylindros eguaes de cobre e d'estanho, receberam quantidades de magnetismo muito differentes.

A magnetização da agulha nua era em sentido contrário ao das outras duas.

O cylindro de cobre annullava quasi a acção, que o de estanho pelo contrário augmentava.

Comparando tubos metálicos de comprimentos e espessuras eguaes mas de raios differentes, notou-se, que os mais largos têm maior influencia.

No caso de serem eguaes os diâmetros e as espessuras, os tubos mais curtos exerciam uma acção mais intensa.



Collocados nas circunstâncias dos invólucros metálicos, tubos cheios d'ácido sulfúrico ou azótico e d'água, pareciam não exercer influência sobre a magnetização das agulhas.

As lâminas metálicas, collocadas entre as agulhas e os conductores rectilíneos, exerciam uma acção semelhante á dos cylindros.

Suppondo as agulhas em contacto com as superficies metálicas e as descargas menos intensas que as que, actuando directamente, produzem no aço estados magnéticos oppostos, dois casos se podem apresentar, segundo a posição da lâmina.

Estando a lâmina entre a agulha e o fio, a acção augmenta sendo fortes, e diminúe sendo fracas as descargas.

Para a mesma descarga, lâminas de differentes espessuras podem produzir effeitos contrários, havendo sempre uma espessura do metal para a qual a acção se annulla.

Se, pelo contrário, a agulha estivesse entre o conductor e a lâmina, a magnetização augmentava para os pequenos valores das descargas, tanto mais quanto maior fosse a espessura da lâmina.

Para um determinado valor da descarga, uma lâmina espessa augmentava-a e as delgadas diminuíam-na.

Sendo muito enérgicas as descargas, a acção da lâmina contraria sempre a magnetização, chegando mesmo as agulhas a magnetizarem-se em sentido contrário áquelle em que o fariam, se a lâmina não existisse.

As faces da mesma lâmina exercem, em regra, acções contrárias.

Comparando os efeitos produzidos por lâminas eguaes de metaes differentes, observou-se que elles variavam não só com a intensidade das descargas mas tambem com a espessura das lâminas.

Assim, por exemplo, sendo delgadas ambas as lâminas, o cobre tem uma acção menor que o latão; diminuindo ainda mais a espessura, os papeis invertem-se, apresentando o cobre effeito superior.

A acção da prata é pròximamente egual á do cobre; a do oiro é-lhe muito superior.

Savary (1) explicava já estes phenómenos, admitindo a hypóthese, mais tarde confirmada, de que, durante a descarga, o movimento eléctrico se compõe duma série d'oscillações, transmittidas do fio ao meio ambiente, e rapidamente amortecidas pelas resistências, cujo valor augmenta muito com as velocidades absolutas das particulas agitadas.

Oberbeck (2), estudando as acções magnéticas das oscillações eléctricas, observou, que, fazendo actuar sobre núcleos de ferro ou aço forças magnéticas constantes em grandeza e direcção, mas que sam funcções do tempo, as variações dos momentos magnéticos obedecem ás leis co-

(1) F. de Savary, *Annales de Chimie et de Physique*, 2<sup>me</sup> série, tom. xxxiv, 1827, pag. 54 e 220.

(2) A. Oberbeck, *Wied. Ann.*, tom. xxi, 1884, pag. 672, tom. xxii, 1884, pag. 73.

*Journal de Physique*, 2<sup>me</sup> série, tom. iv, 1885, pag. 585.

nhecidas, contanto que se leve em conta a acção induzida pelas correntes na massa metálica.

As variações periódicas do momento magnético produzidas pelas forças exteriores num determinado ponto dum longo núcleo de ferro propagam-se de tal modo que as amplitudes dos momentos decrescem com as distâncias ao ponto d'excitação.

O valor destes momentos depende sòmente das propriedades do ferro empregado, enquanto que a velocidade de propagação, já de si muito grande, é mais ou menos diminuída pelas correntes d'inducção produzidas por esta propagação.

Estas observações foram confirmadas pelo professor Augusto Righi (1), que numa longa série d'experiências procurou tambem estudar os phenomenos que acompanham a magnetização do aço pelas correntes alternativas.

Birkeland (2), tendo demonstrado experimentalmente, que as correntes oscillatórias propagando-se ao longo dum fio de ferro magnetizam transversalmente a delgada camada em que penetram, procurou pôr em evidência a existência d'ondas magnéticas estacionárias em cylindros magnéticos, que seriam análogas ás ondas eléctricas estacionárias obtidas ao longo dos fios conductores.

(1) A. Righi, *Atti dell'Accademia delle Scienze di Bologna*, 4.<sup>a</sup> série, tom. x, 1881, pag. 482.

(2) Birkeland, *C. R.*, tom. cxviii, 1894, pag. 1320.

*Journal de Physique*, 3.<sup>me</sup> série, tom. iv, 1895, pag. 396.

O. Lodge, *The work of Hertz and some of his successors*, 2.<sup>a</sup> edition, London, pag. 55.



Para obter substâncias magnéticas não conductoras, a fim de que a indução magnética possa penetrar profundamente no meio em experiência, misturou Birkeland paraffina fundida com limalha de ferro ou, ainda melhor, com ferro chymicamente reduzido a pó impalpavel.

A mistura tornava-se mais homogénia, juntando-lhe quartzo em pó muito fino.

Como a experiência demonstra, o ferro massiço não pode servir de conductor para estas ondas, porque a sua conductibilidade metálica impede a manifestação das propriedades magnéticas.

Para observar se uma substância qualquer é ou não susceptivel de ser magnetizada pelas oscillações eléctricas, dava-se-lhe a forma dum cylindro, que se introduzia em seguida numa hélice formada por doze espiras dum fio bem isolado, situado no lado opposto á interrupção do circuito secundário.

O micrómetro de faíscas, terminado em ponta numa das extremidades e em esphera na outra, collocava-se sobre um condensador, cuja capacidade se fazia variar, a fim de obter nòvamente a resonância quando alterada pela introdução das diversas substâncias na espiral do circuito secundário.

O oscillador empregado era do typo dos d'Hertz, e dava faíscas de 6<sup>mm</sup> de comprimento.

As experiências estenderam-se a doze cylindros differentes, de 20<sup>cm</sup> de altura por 4<sup>cm</sup> de diámetro:

- 1 — Cylindro massiço de ferro macio.
- 2 — Cylindro formado por um feixe de fios finos de ferro macio mergulhados em paraffina.

3 a 9 — Cylindros de paraffina e ferro contendo respectivamente em volume 5, 10, 15, 20, 25 a 50 por cento de ferro.

10 — Cylindro de paraffina com 40 por cento em volume de limalha fina de zinco.

11 — Cylindro de paraffina com 20 por cento de limalha de latão.

12 — Tubo de vidro de 4<sup>cm</sup>,5 de diâmetro, que se enchia com diferentes electrólitos mais ou menos conductores.

Para fazer uma observação, afinava-se o resonador com o excitador quando a hélice estava vazia, e media-se o comprimento da fásca maior, que nas experiências de Birkeland variava entre 4 e 9 millímetros.

Em seguida introduziam-se na hélice os diversos cylindros, e media-se novamente o comprimento da fásca.

A introducção do cylindro 1 não modifica o comprimento da fásca, ao passo que os cylindros 2 a 4 a reduziram até um décimo do primitivo comprimento, 7 e 8 até um centesimo e 9 até  $\frac{1}{200}$ .

A influencia dos cylindros 10 e 11 era insignificante; o comprimento da fásca diminuía apenas de 8 para 7 millímetros.

O mesmo se observou, enchendo o tubo 12 com água distillada, enquanto que, enchendo-o com ácido sulfúrico em solução a 10, 20 e 30 por cento se reduzia sempre a fásca de 9 a 1,3 millímetros.

Procurando restabelecer a resonância entre os circuitos primário e secundário, reconheceu Birke-

land, que o periodo deste último era sensivelmente augmentado pela introdução de qualquer dos cylindros 2 a 4, embora diminuísse o comprimento da fiação. Introduzindo na hélice os cylindros 5 a 9, tornava-se impossivel o restabelecimento da afinação, o que por certo era devido á grande absorpção d'energia pela mistura de ferro e paraffina.

Esta absorpção é provavelmente devida á hysteresis dos cylindros ferruginosos.

O desenvolvimento do calor de Joule era typicamente demonstrado com o cylindro 12, sendo, sem dúvida, da mesma ordem nos cylindros 3 a 9, 10 e 11.

Birkeland attribue tambem á absorpção d'energia o não ter podido observar ondas magnéticas estacionárias nos circuitos de ferro paraffinado.

Envolvendo em folha d'estanho os cylindros 2 a 9, antes de os introduzir na hélice do resonador, a sua acção annullava-se.

Com o fim de observar este phenómeno mais rigorosamente construíram-se dois cylindros de cartão fino.

Um G, com geratrizes formadas de fio de cobre de  $0^{\text{mm}},5$  de diámetro, distantes  $4^{\text{mm}}$  umas das outras; outro P, com parallellos metállicos fechados, formados pelo mesmo fio e á mesma distância que as geratrizes.

Envolvendo qualquer dos primitivos cylindros pelo cylindro G antes de o introduzir na hélice, a sua acção subsistia inalterada; ao passo que, envolvendo-os pelo cylindro P, a acção eliminava-se por completo.



Para determinar a profundidade até onde se faz sentir a acção magnetizadora das correntes oscillantes, preparou Birkeland cylindros ocos tambem de ferro e paraffina em que se introduziam successivamente outros cylindros massiços.

Collocando um destes cylindros ocos na hélice, a faisca secundária diminuía muito, mas o enfraquecimento augmentava ainda pela introducção dos cylindros massiços.

Reconheceu-se, por este processo, que a acção magnetizante se faz sentir através duma espessura de 7<sup>mm</sup> da mistura da paraffina com 10 por cento de ferro, e de 5<sup>mm</sup> da mistura com 25 por cento de ferro.

Estes dieléctricos sam uma realização das ideias de Poisson e Mossoti (1), que supõem ser o ar o único dieléctrico homogénio, emquanto que os outros seriam constituídos por pequenas espheras conductoras, disseminadas numa substância isoladora com as propriedades do ar.

John Trowbridge (2), estudando a propagação das ondas magnéticas, procurou tambem saber se existem nós na magnetização duma barra de ferro, submettida ás acções de dois carretes atravessados por uma corrente alternativa cujo período era dum centésimo de segundo.

Ao longo da barra deslocavam-se outros dois pequenos carretes, respectivamente ligados a dois

(1) H. Poincaré, *Électricité et Optique*, tom. 1, Paris, 1890, pag. 42.

(2) John Trowbridge, *Philosophical Magazine*, 5<sup>th</sup> series, tom. xxxiii, London, 1792, pag. 374.

*Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom. II, 1893, pag. 282.

telephónios, em cujas membranas se reflectia successivamente um feixe luminoso.

A disposição dos telephónios era tal, que a vibração dum produzia um deslocamento horizontal, e a do outro um deslocamento vertical dos raios luminosos.

A vibração simultânea dos dois telephónios produzia uma das figuras de Lissajous.

A phase de vibração das membranas depende da phase da corrente induzida no pequeno carrete, que por sua vez depende do movimento das moléculas do ferro.

O systema dos dois telephónios permittia reconhecer se os movimentos das moléculas de dois pontos differentes da barra têm a mesma phase ou phases differentes.

A experiência mostra, que a curva luminosa produzida sobre um alvo pelo raio reflectido nas membranas é uma ellipse, cuja orientação e excentricidade dependem das posições dos carretes magnetizantes, do sentido das correntes que os atravessam, e da posição do carrete d'exploração.

Sòmente num caso se observou uma linha recta horizontal ou vertical, quando um dos carretes d'exploração se collocava ao meio do intervallo que separa os carretes magnetizantes.

O sentido das correntes nestes carretes era tal, que os polos do mesmo nome estavam sempre próximos um do outro.

A existencia deste único nó tanto se pode explicar por uma propagação do magnetismo análoga á do calor, como por uma propagação ondulatória,

que Trowbridge nega, e a experiência não confirma.

Henri Veillon (1) estudou também a acção magnetizadora das correntes alternativas, servindo-se das descargas oscillantes das garrafas de Leyde. Veillon não obteve, como Savary, magnetizações normaes e anormaes, mas verificou, que, no interior das barras, a magnetização diminue, soffrendo numerosas oscillações, em vez de decrescer regularmente, como acontece nos campos magnéticos produzidas pelas correntes contínuas.

E' provavel, que os effeitos das acções eléctricas da descarga se sobreponham successivamente, e attingam profundidades differentes, dependentes das dimensões da barra e dos phenómenos d'hysteresis.

Em summa, segundo as experiências de Veillon, o magnetismo total da barra compõe-se de camadas coaxiaes, alternando de polaridade dumas para as outras, e correspondentes ás mudanças de sentido do deslocamento eléctrico na descarga.

Silvanus P. Thompson e Miles Walker (2), tratando o problema pelo cálculo, chegaram a uma

(1) Henri Veillon, *Archives des Sciences Physiques et Naturelles de Genève*, 4<sup>me</sup> série, tom. 1, 1796, pag. 305 a 409.

*Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom. vi, Mai 1897, pag. 272.

(2) S. P. Thompson, and M. Walker, *Philosophical Magazine*, tom. xxxvii, 1894, pag. 564.

*Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom. iv, 1895, pag. 42.



fórmula que permite determinar o enrolamento dos fios dos electro-magnetes, que em determinadas condições de frequência e voltagem produzem um número fixo de amperes-voltas.

Os resultados concordam satisfactòriamente com as medidas experimentaes.

The first part of the history is devoted to a description of the country and its inhabitants. The author describes the various tribes and their customs, and the different parts of the country. He also mentions the various wars and battles which have taken place in the country.

The second part of the history is devoted to a description of the various tribes and their customs. The author describes the different parts of the country, and the various wars and battles which have taken place in the country.

The third part of the history is devoted to a description of the various tribes and their customs. The author describes the different parts of the country, and the various wars and battles which have taken place in the country.

## CAPITULO V

### ACÇÕES MECHANICAS DAS CORRENTES ALTERNATIVAS

Entre as acções das correntes alternativas tornáram-se notáveis os effeitos mechánicos, observados primeiramente pelo professor Elihu Thomson (1), cujas experiências foram continuadas pelo professor J. A. Fleming (2), entre outros.

Suspendendo por meio dum fio flexivel um anel conductor em frente dum dos polos dum electro-magnete, collocado horizontalmente, e percorrido por correntes alternativas, sabe-se bem, que a força electro-motriz induzida naquelle circuito é, em cada instante, proporcional ao número

(1) Elihu Thomson, *Electrical World*, London. May, 1887, pag. 258.

*Electrical Engineer*, New-York. June, 1887, pag. 211.

*Alternating and interrupted electric currents* by George Forbes, London, Riggs and C.º, 1896.

(2) J. A. Fleming, *A discourse delivered at the Royal Institution on March, 6-1891*.

*The electrician*, tom. xxvi, London, 1891, pag. 567 e 601.



d'inversões do campo magnético em que se acha mergulhado.

A acção dynâmica, isto é, a força que solicita o anel é também, em cada instante, proporcional ao producto da intensidade do campo magnético pela intensidade da corrente induzida no anel.

O anel suspenso do fio é, logo que passa a corrente, repellido enèrgicamente do polo do electro-magnete.

Collocando verticalmente o electro-magnete, e approximando dum dos polos um anel de cobre seguro com as mãos, sente-se uma repulsão tanto mais forte quanto menor fôr a sua distância ao polo.

Largando-o, o anel salta para longe do magnete, cahindo, por vezes, a consideraveis distâncias.

Esta experiéncia pode repetir-se com qualquer anel conductor, mas executa-se melhor empregando o cobre ou o alumínio.

Os aneis de zinco e latão mostram-se pouco influenciados; os de chumbo não sam repellidos nem attrahidos pelo electro-magnete.

Estes effeitos demonstram-se facilmente, suspendendo discos eguaes de differentes metaes ao travessão duma balança que se carrega com pesos até se restabelecer o equilibrio.

Pode também demonstrar-se a mesma acção, collocando sobre o polo do electro-magnete um tubo de papel.

Fazendo passar as correntes alternativas no carrete, e introduzindo um anel no tubo, vê-se, que elle fica suspenso no ar, do mesmo modo que uma boia fluctuando na água.

Se no tubo se introduzirem aneis do mesmo diâmetro mas de metaes differentes, cada um delles fluctuará a differentes alturas, como acontece aos liquidos não misciveis, quando contidos no mesmo vaso.

As repulsões sam tanto mais pronunciadas quanto maior fôr a conductibilidade do metal, e por isso os aneis de cobre podem ainda ser suspensos em campos magnéticos alternativos tam fracos, que os dos outros metaes se mostrem indifferentes á acção.

E' tambem possivel demonstrar, que estes aneis metállicos sam percorridos por correntes poderosas circulando todas no mesmo sentido.

Com effeito, estando dois ou mais aneis encerrados no tubo de papel e obrigando os superiores a descer até chegarem ao contacto dos que estam situados mais abaixo, os aneis ficam todos reünidos, como que collados, emquanto funciona o electro-magnete, e tomam no espaço uma posição intermédia entre as posições que primitivamente occupavam os aneis extremos.

E' evidente, que qualquer interrupção no anel que impeça a circulação das correntes induzidas, faz immediatamente cessar a repulsão.

Demonstra-se isto facilmente, cortando com uma tesoura um anel de fio de cobre suspenso no ar pela influencia do electro-magnete; o anel cahe no mesmo instante.

Quando a resisténcia das massas ou circuitos metállicos que se approximam do polo do electro-magnete é muito pequena, a acção é tam consi-

deravel, que mesmo empregando apparatus de pequenas dimensões se podem manter no ar aneis ou discos muito pesados.

Repetindo esta experiência com discos de cobre de tres chilogrammas ou mais, é conveniente guiá-los por tres ou quatro fios, aliás o disco seria, na maior parte das vezes, lançado lateralmente.

Uma das mais curiosas experiências do professor Elihu Thomson consiste em lastrar uma pequena lâmpada d'incandescência por meio duma hélice de fio de cobre isolado, cujas extremidades se ligam aos polos da lâmpada.

Introduzindo este systema num vaso com água, situado sobre o polo do electro-magnete e fazendo-o atravessar pelas correntes alternativas, vê-se não só a lâmpada illuminar-se, mas tambem emergir do líquido, em virtude da expulsão exercida contra o circuito conductor a que está ligada.

Caso o disco ou anel conductor estejam ligados a um eixo em torno do qual possam gyrar, a acção do polo do electro-magnete fá-los tomar rápido movimento de rotação, se se tiver encoberto parte do núcleo de ferro.

Demonstra-se facilmente este phenómeno, aproximando duma das extremidades do electro-magnete um disco circular de cobre, ligado a um eixo perpendicular ao seu plano.

Se o bordo do disco apanha toda a superficie do núcleo de ferro, observa-se apenas uma repulsão; encobrendo parte desta superficie por outra lâmina conductora, o disco adquire um movimento de rotação.



Esta segunda lâmina protege parte do disco da acção inductora do polo, o que faz com que as correntes se distribuam de maneira a attrahirem-se continuamente, o que obriga o disco a mudar sempre de posição.

Substituindo nesta experiência a lâmina por um segundo disco análogo ao primeiro, nota-se, que ambos tomam um movimento de rotação mas em sentidos contrários.

Estas acções, resultantes de encobrir parte da superfície do polo do electro-magnete, podem pôr-se em evidência ainda por outra fórma.

Collocando um vaso com água, onde fluctue uma pequena esphera de cobre, sobre um dos polos do electro-magnete, vê-se, que ella adquire rápido movimento de rotação em torno dum dos seus diâmetros, cada vez que entre o vaso e a extremidade do núcleo se introduz uma pequena parte duma lâmina de cobre.

O movimento é devido á attracção entre as correntes circulares induzidas na lâmina e na esphera.

Prolongando o núcleo do electro-magnete por uma haste mais delgada, onde se suspende um gyroscópio formado por uma roda de ferro atravessada diametralmente por uma faixa de cobre, este aparelho gyra com grande velocidade, desde que o carrete seja atravessado pelas correntes oscillantes.

Empregando um electro-magnete circular, cujos polos estejam muito próximos, pode entre elles manter-se uma lâmina metálica muito conductora,

quando se fazem passar pelos fios do carrete correntes alternativas.

A conductibilidade influe tanto nesta experiência, que é possível distinguir por este processo as moedas de prata verdadeiras das que não tenham o título legal.

As primeiras aguentam-se entre os polos, enquanto que as segundas cahem.

Walcher (1) serviu-se destas propriedades das correntes alternativas para, tratando o problema pelo cálculo, medir as correntes alternativas.

Do mesmo modo Nikolaieff (2) estudou cuidadosamente, no Instituto de Physica de Zürich, a repulsão dos anéis metálicos pelos electro-magnetes excitados pelas correntes alternativas, conseguindo determinar com precisão, por meio dos espectros magnéticos, a direcção das linhas de força.

J. Borgman (3), repetindo no seu laboratório as experiências de Elihu Thomson, conseguiu observar alguns phenómenos novos.

(1) G. T. Walcher, *Repulsion and rotation produced by alternating electric currents.*

*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, tom. CLXXXIII, series A, 1892, pag. 279-329.

*Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom. III, 1894, pag. 38.

(2) Wladimir Nicolaieff, *Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom. IV, 1795, pag. 519.

(3) J. Borgman, *C. R.*, tom. CX, 1890, pag. 233 e 849.

*Journal de la Société Physico-chimique Russe*, tom. XVII, 1890, pag. 170, 221 e 223.

*Journal de Physique*, 2<sup>me</sup> série, tom. X, 1891, pag. 427 e 591.

Um anel formado por um grosso fio de cobre suspendia-se do travessão duma balança, e equilibrava-se por meio de pesos collocados no outro prato.

Por baixo do anel dispunha-se verticalmente um carrete de 120<sup>mm</sup> d'altura, 43<sup>mm</sup> de diâmetro interior e 120<sup>mm</sup> de diâmetro exterior, formado por fio de cobre com 2<sup>mm</sup>,5 de diâmetro.

Este carrete podia munir-se interiormente dum núcleo de ferro massiço ou formado por um feixe de fios finos do mesmo metal, e era percorrido por correntes fornecidas pela descarga de acumuladores.

Um commutador movido por um pequeno motor de Breguet dando mil voltas por minuto, invertia, no mesmo tempo, cento e vinte vezes o sentido da corrente.

Mesmo com uma fraquíssima corrente de 0,15 ampères, a repulsão do anel observava-se com toda a nitidez.

A acção era augmentada introduzindo no carrete o núcleo de ferro.

Substituindo o anel por um disco horizontal de cobre do mesmo diâmetro ou por um tubo do mesmo metal, que se suspendia na cavidade cylindrica do carrete, observou-se tambem uma repulsão notavel, menor, porém, para o tubo que para o disco ou para o anel.

Se em vez do commutador se empregava um interruptor produzindo um número de interrupções de corrente igual ao das inversões obtidas com o commutador, observavam-se ainda repulsões mas muito menos enérgicas.



Observáram-se também curiosos phenómenos á superficie do mercúrio.

Empregando um carrete formado pelo simplez enrolamento do fio metálico e collocando-o debaixo dum vaso cylindrico de vidro com 76<sup>mm</sup> de diámetro contendo mercúrio, em cuja superficie se lançava pó de lycopódio, vê-se, pelo movimento das partículas deste pó, que pouco depois de fechada a corrente se fórnam duas correntes circulares de direcções contrárias, que se reúnem próximo do eixo do cylindro de vidro, formando uma corrente central única.

Estas correntes sam mais bem accentuadas quando a espessura do mercúrio é mínima, apenas sufficiente para cobrir o fundo do vaso.

Augmenta-se também a velocidade das correntes introduzindo no carrete um núcleo de ferro.

Se se produz uma asymetria no campo do carrete, cobrindo, por exemplo, com uma lâmina de cobre uma parte da base do vaso de vidro, observáram-se dois turbilhões cuja corrente commum é dirigida para a lâmina.

Do mesmo modo, collocando por baixo do vaso dois ou tres discos metálicos, obtêm-se quatro ou seis turbilhões cujas linhas de demarcação sam dirigidas ao longo dos diâmetros dos discos.

Collocando diametralmente por baixo do vidro uma faixa de metal, observam-se quatro turbilhões, cujas linhas de demarcação sam uma parallela e outra perpendicular á direcção da maior dimensão da faixa.

Obtêm-se também dois fortes turbilhões dirigidos para o centro do carrete, collocando o vaso com mercúrio um pouco excentricamente sobre o carrete, provido do respectivo núcleo de ferro.

Dispondo por baixo do vaso um anel chato formado por tres sectores de cobre, latão e zinco, obtêm-se seis turbilhões d'intensidades differentes, sendo mais fortes os correspondentes ao cobre e apenas perceptíveis os do zinco, mesmo no caso em que a intensidade da corrente seja superior a 2 ampères.

Sendo o vaso menor que o cylindro interno do carrete, e tendo ambos os eixos em linha recta, não se observa movimento algum á superficie do mercúrio.

Collocando o carrete horizontalmente de modo que só uma parte do mercúrio fique por cima do fio, observam-se ainda dois turbilhões com uma linha de demarcação situada por cima do eixo do carrete.

Estes turbilhões observam-se ainda collocando verticalmente o carrete ao lado do cylindro de vidro; nota-se, porém, que neste caso a intensidade dos movimentos do mercúrio é muito pequena.

Estes phenómenos podem também observar-se nas gottas isoladas, que se formam quando o mercúrio não cobre completamente o fundo do vaso.

Espalhando limalha de ferro á superficie do mercúrio, nota-se, que as partículas maiores tendem a dispôr-se segundo as direcções das linhas de força, cedendo contudo um pouco ao movimento turbilhonar do mercúrio.

As particulas mais pequenas da limalha saltam em todas as direcções, como se fossem gottas líquidas no estado espheroidal.

Noutra série d'experiências, em collaboração com Gerchoun, procurou Borgman estudar quantitativamente os phenómenos observados.

A corrente era fornecida por accumuladores da fábrica Jablohoff, modelo C<sub>7</sub>, e tornada alternativa por meio dum pequeno motor Breguet.

Um contador do anemómetro de Combes indicava o número de rotações do commentador, cuja velocidade se modificava por meio dum freio, constituido por um fio mais ou menos tenso.

Para medir a intensidade das correntes alternativas por meio dum electro-dynamómetro de Siemens, único de que se dispunha, interpôs-se no circuito do primeiro carrete um outro mais pequeno, sem núcleo de ferro.

Mediam-se as correntes induzidas por este carrete em uma hélice de fio conductor ligada ao electro-dynamómetro.

Experimentando com discos massiços obtiveram os seguintes resultados :

1.º As repulsões dum disco collocado horizontalmente sobre um carrete sam proporcionaes ás defleções do electro-dynamómetro.

2.º Estas repulsões diminuem á medida que a distância entre o carrete e o disco augmenta. A variação é pròximamente proporcional á raiz quadrada da distância.

3.º Para discos d'egual diâmetro, as repulsões augmentam com a espessura.



Assim, para um disco de zinco de  $75^{\text{mm}},9$  de diâmetro e  $2^{\text{mm}},75$  d'espessura, a repulsão foi de  $0,899$ ; para outro disco da mesma substância e diâmetro, mas de  $4^{\text{mm}},25$  d'espessura, a repulsão foi igual a  $1,861$ .

Para dois outros discos de zinco de  $53,8$  de diâmetro e de  $2^{\text{mm}},75$  e  $6^{\text{mm}},25$  d'espessura, estes valores foram respectivamente  $0,237$  e  $0,857$ .

4.º Sendo constante a espessura, as repulsões diminuem com o diâmetro.

Por exemplo, dois discos de  $2^{\text{mm}},75$  d'espessura por  $75^{\text{mm}},9$  e  $53^{\text{mm}},8$  de diâmetro, eram repellidos na proporção de  $0,899$  para  $0,237$ .

5.º As repulsões diminuem quando augmenta a resistência especifica do disco.

Para discos de  $75^{\text{mm}},9$  de diâmetro e  $2^{\text{mm}},75$  d'espessura, de cobre, zinco, latão e chumbo, cujas resistências especificas sam respectivamente  $0,0185$ ;  $0,06$ ;  $0,75$  e  $0,22$  as repulsões correspondentes foram  $1,119$ ;  $0,994$ ;  $0,821$  e  $0,133$ .

6.º As repulsões augmentam quando diminue o número d'inversões da corrente.

Em algumas séries de experiências, em que o número  $n$  d'inversões por minuto variava entre  $2500$  e  $13000$ , notou-se entre estas quantidades uma proporcionalidade quasi rigorosa.

7.º Um disco de ferro foi attrahido pelo carrete.

8.º Nestas experiências o carrete de  $120^{\text{mm}}$  de altura não tinha núcleo de ferro.

A presença do núcleo augmenta muito a repulsão.

Assim, sendo  $n = 10.500$  acháram-se para valores das repulsões do mesmo disco, 63,8 tendo o carrete o núcleo e 4,84 quando o não tinha.

Nestas condições a influência do número d'alternações é a mesma que no primeiro caso.

Nas experiências de W. Nicolaieve (1) sobre as manifestações do campo produzido em torno dos circuitos percorridos pelas correntes alternativas, empregaram-se óra um carrete de Ruhmkoff, óra um dynamo alternador, que fornecia potenciaes cujas diferenças podiam attingir 250 volts.

Para obter um potencial oscillante d'amplitude variavel, punha-se um dos polos do carrete em comunicação com a terra.

Os dois polos ligavam-se, além disso, a um micrómetro de faiscas, cuja distância disruptiva se podia fazer variar.

Para explorar o campo usava-se um electrosκόpio de folhas d'alumínio, protegido por uma caixa de vidro.

As observações faziam-se no campo produzido pelo carrete percorrido pelas descargas oscillantes, ou no campo creado por um disco de Faraday, isto é, por uma espiral conductora, ligada ao segundo polo do transformador.

Parallelamente ao plano desta espiral collocava-se uma lâmina metálica, que cobria parte da sua superficie.

(1) Wladimir Nicolaieve, *Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom. II, 1893, pag. 36.

Próximo desta lâmina e em communição eléctrica com ella punha-se o electroscópio, cujas folhas divergiam fortemente quando o carrete funcionava.

A divergencia manifestava-se não só em todo o comprimento das folhas d'alumínio, mas tambem nos pontos não separados da espiral pela lâmina metálica, que della eram repellidas num sentido perpendicular ao primeiro. Os desvios das folhas davam-se, deste modo, em dois planos normaes.

Se em vez de ligar a lâmina ao electroscópio se ligar, por qualquer ponto, com uma das extremidades dum telephónio, estando a outra ligada ao solo ou isolada, ouve-se um som muito intenso.

Demonstra-se tambem a existência do campo, suspendendo por cima da espiral ou do carrete duas pequenas esferas de vidro, ligadas a fios de seda com 4<sup>m</sup> de comprimento.

Funcionando o carrete, as esferas conservam-se afastadas á distância de 4 ou 5<sup>cm</sup>.

Para facilitar a variação da distância entre a lâmina e a espiral, collocaram-se sobre ella, tres cylindros de madeira em que assentava uma lâmina de paraffina coberta por uma folha d'estanho.

Esta disposição é inconveniente, porque a madeira influe na carga do estanho.

Nas experiéncias rigorosas, seria mais conveniente encher o espaço comprehendido entre a espiral e a lâmina com uma substância homogénea e continua.



O electroscópio empregado foi calibrado por meio dum voltmetro de Cardew intercalado numa bateria d'accumuladores, de modo que se conhecia approximadamente o potencial effectivo do electroscópio, quando carregado pelas descargas oscilantes.

Embora com a disposição e apparatus empregados, as medidas não podessem ser rigorosas, as experiências mostraram que a acção electrostática, indicada pelo electroscópio, depende da distância da folha d'estanho á espiral.

Quanto ao som ouvido no telephónio quando a espiral era percorrida pelas correntes do carrete de Ruhmkorff, assemelhava-se muito, embora fosse mais intenso, ao som produzido pelas faíscas das máchinas electro-estáticas.

## CAPITULO VI

### VARIAÇÕES DA RESISTÊNCIA DOS CONDUCTORES

Como se sabe, é grande a diferença entre as resistências que os metaes offerecem á passagem das correntes continuas e á passagem das correntes oscillantes, que pouco penetram além da superficie dos conductores.

Os effeitos caloríficos (1) e a distribuição das correntes (2) é tambem differente, como era de prevêr.

A experiéncia tem demonstrado que a resisténcia d'alguns conductores percorridos pelas oscillações eléctricas, não é constante.

Aschkinass (3) intercalando á moda ordinária um conductor numa ponte de Wheatstone, mediu as respectivas resistências, antes e depois de o sujeitar á acção das radiações eléctricas.

(1) J. J. Thomson, *Recent researches in electricity and magnetism*, London, 1893, pag. 315.

(2) Idem, pag. 510.

(3) Aschkinass, *Naturwissenschaftliche Rundschau*, tom. x, 1895, pag. 59.

Primeiro preparou Aschkinass uma rede de folha d'estanho, análoga ás que muitas vezes se empregam nas resistências do bolómetro.

A rede tinha 4<sup>cm</sup> de comprimento por 3<sup>cm</sup>,5 de largo; constava duma faixa de 0<sup>mm</sup>,75 de largura, formando quatro malhas, isoladas umas das outras.

A sua resistência, quando percorrida pelas correntes contínuas, era de 30 ohms.

Fazendo actuar as radiações eléctricas sobre a rede, esta soffre uma diminuição de resistência, que se prolonga mesmo depois de cessar a irradiação.

Este phenomeno é independente da orientação da rede a respeito do excitador.

Para que a rede retome a primitiva resistência é necessário aquecê-la ou sujeitá-la a choques mechânicos, taes como os obtidos pela percursão do caixilho que a contém.

A variação de resistência mostrou-se, nestas experiências, independente do comprimento das ondas empregadas; mas sòmente se manifestava quando as faíscas do excitador tinham um certo comprimento.

O phenomeno tornou-se principalmente notavel pela sua sensibilidade; observava-se ainda estando a rede distante 3<sup>m</sup> do excitador, quando nas mesmas circunstâncias um resonador d'Hertz dava faíscas apenas á distância de poucos centímetros.

Phenómenos semelhantes, embora menos nítidos, foram observados empregando redes formadas por fios de ferro, platina e prata.



Mizuno (1) repetiu estas experiências, concluindo tambem, que as variações de resistência das redes, cuja sensibilidade cresce com a fineza e estreiteza das malhas, indicam melhor e mais rigorosamente a presença das ondas, que os resonadores ordinários.

Mizuno considera a variação de resistência não como um phenomeno molecular, mas como uma simplez acção mechânica.

Explica-a, suppondo que mesmo empregando as lâminas mais afiadas para cortar os fios das redes, os seus bordos ficam sempre denteados, e que estes dentes chegando ao contacto, pela acção das ondas eléctricas, diminuem a resistência.

O regresso á primitiva resistência pela acção dos choques mechânicos explicar-se-hia facilmente, pela destruição destes contactos.

A explicação de Mizuno é perfeitamente accetavel, e faz lembrar, como se vê, a que Righi (2) deu da diminuição de sensibilidade dos seus resonadores.

A. Sadovsky (3) estudou a acção das oscillações eléctricas sobre o bismutho, cuja resistência para as correntes contínuas varia, quando sujeito á acção dum campo magnético, como, annos antes, Righi tinha demonstrado.

(1) Mizuno, *Philosophical Magazine*, 5<sup>th</sup> series tom. xl, 1895, pag. 497.

(2) *Oscillações eléctricas*, 1, pag. 36.

(3) A. Sadovsky, *Journal de la société Physico-chimique Russe*, tom. xxvi, n.º 2, 1894.

*Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom. iv, 1895, pag. 186.

Lenard (1) tentára já uma série d'experiências neste sentido, demonstrando que a resistência  $o$  dum fio de bismutho, antimónio ou tellúrio, para as oscillações eléctricas, quando o fio está disposto normalmente ás linhas de força dum campo magnético pouco intenso, é inferior á resistência  $e$  do mesmo fio para as correntes contínuas.

Nos campos magnéticos muito intensos observa-se o contrário.

Sadovsky começou por determinar a diferença  $o - e$ , fóra do campo e depois num campo magnético fixo, estudando sòmente a influência do número d'interrupções da corrente no circuito primário do carrete, cujo secundário fornecia as correntes alternativas.

A disposição experimental era análoga á de Lenard.

A resistência do bismutho media-se por meio dum ponte de Wheatstone, systema cylindrico de Kolrausch, levando o galvanómetro á immobillidade, caso se empregassem correntes constantes, e determinando o som mínimo dum telephónio, no caso das correntes alternativas.

O interruptor era constituído por uma roda, cujos dentes tocavam successivamente uma mola, o que produzia, segundo a velocidade de rotação, 100 a 2.000 interrupções por segundo.

Experimentando fóra da acção do campo magnético achou Sadovsky, que crescendo o número

(1) P. Lenard, *Wied. Ann.*, tom. xxxix, 1890, pag. 619.  
*Journal de Physique*, 2<sup>me</sup> série, tom. x, 1891, pag. 569.

d'interrupções do circuito primário de 100 a 2.000 o valor de  $e - o$  augmenta de 0,0012 a 0,0028, tomando  $e$  como unidade.

Nas mesmas circunstâncias, Zend tinha achado  $o - e = - 0,0011$ , e Lenard, experimentando com 10.000 oscillações por segundo, achára  $o - e = - 0,0023$ .

Collocando o fio de bismutho normalmente ao campo magnético produzido pelo grande electro-magnete da Universidade de S. Petersbourg, percorrido por uma corrente de 20 ampères, a resistência augmentava 2,2 vezes.

As variações do campo magnético impediram as medidas rigorosas, mas ainda assim, Sadovsky concluiu que  $o - e$  depende do número  $n$  d'interrupções do circuito primário e que, apezar desta differença ser dez vezes maior que fóra da acção do campo magnético, as suas variações com  $n$  não sam mais notaveis do que fóra do campo.

A differença não se annulla qualquer que seja o número d'oscillações.

Este resultado contradiz os de Lenard, que achou que a differença  $o - e$  era insignificante, quando era de 300 o número d'oscillações.

Isto é devido, segundo Sadovsky, á sobreposição das acções exercidas sobre a agulha do galvanómetro, pela rapidez da sua successão.

J. Wilsing e J. Scheiner (1) utilizáram para o

(1) J. Wilsing und J. Scheiner, *Wied. Ann.*, tom. LIX, 1896, pag. 982.

*Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom VI. Juillet, 1897, pag. 379.



estudo das ondas eléctricas, a brusca variação de resistência que ellas provocam nos pontos de contacto de dois metaes.

Um fio d'aço assente sobre dois fios de latão parallellos intercala-se, bem como um galvanómetro, no circuito duma pilha.

A resistência dos contactos imperfeitos assim obtidos é de muitos milhares d'ohms, mas passa bruscamente a poucos ohms, quando, a alguns metros de distância, se faz saltar uma faisca eléctrica.

A corrente, até ahi muito fraca, adquire o valor dalgumas centésimas d'ampère.

Wilsing e Scheiner vêem nesta propriedade não só um meio de pôr em evidência a existência d'ondas eléctricas, mas até mesmo de medir a sua intensidade.

Evitando a influência das ondas reflectidas nas paredes da sala podéram estudar, aproveitando este processo, a intensidade das ondas transmittidas por duas redes parallelas, cruzadas, etc.

Procuráram tambem verificar se as radiações eléctricas estão comprehendidas no número das radiações solares.

Para isso, evitando quanto possivel os efeitos caloríficos, fizeram incidir sobre a resistência um feixe de raios solares reflectidos no espelho metálico dum heliostato.

As experiências não foram concludentes.

Estes physicos convenceram-se, porém, que se o sol envia realmente ondas eléctricas, ellas são na sua maioria absorvidas pela atmosphera terrestre.

Curioso é também o comportamento das limalhas metálicas para com as oscillações eléctricas.

Estes phenómenos, depois muito estudados, foram pela primeira vez observados em 1885 por T. Calzecchi-Onerti (1) intercalando num circuito voltaico um tubo de vidro contendo limalha, cuja conductibilidade era quasi nulla.

Sendo o tubo atravessado pelas correntes induzidas dum carrete de Ruhmkorff a conductibilidade elevava-se e mantinha-se por algum tempo.

Mas foi indubitavelmente a Edouard Branly que estas variações de resistência mereceram mais attenção.

Este physico (2) empregou, ao principio, uma delgadíssima lâmina de cobre porphyrisado estendida sobre uma lâmina rectangular de vidro despolido ou d'ebonite, com 7<sup>cm</sup> de comprimento por 2<sup>cm</sup> de largura.

Para facilitar a adherência, ligava-se, por vezes, ao cobre um pouco d'estanho.

Esta camada metálica depois de polida apresenta uma resistência eléctrica variavel entre algumas dezenas e milhões d'ohms, embora fôsse sempre o mesmo o peso do metal.

A ligação com o circuito fazia-se por meio de faixas estreitas de cobre, parallelas ao lado menor do rectângulo e applicadas contra a lâmina por meio de parafusos de pequeno passo.

(1) T. Calzecchi-Onerti, *Il nuovo Cimento*, tom. xvii, 1885, pag. 38.

*Journal de Physique*, 2<sup>me</sup> série, tom. v, 1886, pag. 573.

(2) E. Branly, *C. R.*, tom. cxi, 1890, pag. 785.

Outro género de conductores tambem empregado era constituído por finas limalhas de ferro, alumínio, cádmio, zinco, bismutho, etc., misturadas, por vezes, com líquidos isoladores.

As limalhas introduziam-se em tubos de vidro ou d'ebonite terminados por duas hastes metálicas.

Fechando um circuito, onde estejam comprehendidos um destes conductores e um galvanómetro, a corrente que, em regra, passa é insignificante; a conductibilidade eleva-se bruscamente, quando nas proximidades do circuito se fazem saltar uma ou mais descargas eléctricas.

A acção diminue quando a distância augmenta, mas observa-se nitidamente, mesmo sem precauções especiaes, a alguns metros de distância.

Intercalando um destes conductores num dos ramos duma ponte de Wheatstone, pode observar-se a variação de resistência sendo de 20<sup>m</sup> a distância ao aparelho das descargas, separado da ponte por tres grandes salas.

Nestas circumstâncias não se ouvia o ruído das faíscas.

Com estes conductores as variações de resistência sam consideraveis.

Passam por exemplo de milhões a 2.000, e mesmo a 100 ohms, de 150.000 a 500, de 50 a 35, etc.

Esta dimintuição não é passageira; persiste, ás vezes, por mais de vinte e quatro horas.

Procurando conhecer as condições em que se dá este phenómeno, achou Branly em primeiro



logar, não ser necessário que o circuito esteja fechado para que a resistência diminua.

Depois de reconhecer a grande resistência dalgumas lâminas isolou-as completamente interrompendo os contactos com as faixas de cobre, enquanto estavam sujeitas á acção das descargas.

Restabelecendo em seguida a ligação, reconheceu, que o effeito tinha tido lugar, mas que a variação é sempre mais extensa quando a lâmina, embora em circuito aberto, se acha ligada a fios conductores.

Observou tambem, que, para o caso, a passagem duma corrente induzida tem o mesmo effeito que as descargas a distância.

Nestas experiências reconheceu-se vantagem no emprego dos tubos com limalha, de preferência ás lâminas d'ebonite cobertas de cobre ou duma mistura de cobre e ferro, cujas variações de resistência têm um character permanente, embora não seja constante.

Os tubos com limalha retomavam facilmente a resistência primitiva, principalmente quando se percurtia o suporte em que descansavam.

Continuando com as suas investigações, Branly (1) construiu tubos contendo uma mistura íntima duma limalha metálica, d'alumínio por exemplo, com um isolador como a resina ou o enxofre fundidos, que se deixava em seguida solidificar.

(1) E. Branly, *C. R.*, tom. cxii, 1891.

*Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom. 1, 1892, pag. 459.

*Société Française de Physique*, 1891. Avril, 12.

*Revue Générale des Sciences*, tom. II, 1891, pag. 278.

A descarga dum condensador collocado nas proximidades destes tubos diminuia immediatamente o valor da resistência, que retomava a primitiva grandeza, pouco mais ou menos, quando se batia com uma régoa sobre a mesa em que o tubo assentava, ou quando a sua temperatura se elevava, por pouco que fosse.

Repetindo mais tarde estas experiências (1) conseguiu Branly, pelo mesmo processo, tornar conductora uma mistura íntima de 1 parte em peso de plumbagina ou 2 de cobre porphyrisado, com 10 de pó de lycopódio, fortemente comprimida entre as hastes dum torno.

Augmentando gradualmente a proporção de lycopódio, a conductibilidade diminue constantemente, torna-se pouco duradoira logo depois de manifestada, e termina por não persistir, mesmo depois das enérgicas descargas dum condensador.

Observou-se também o reaparecimento espontâneo da conductibilidade, que havia desaparecido em virtude do aquecimento do conductor.

Assim, um cylindro sólido, formado por partes eguaes de enxofre e limalha fina d'alumínio, não se mostrava conductor senão depois d'influenciado pelas descargas dum condensador.

A conductibilidade cessava pelo aquecimento, mas reaparecia instantes depois de retirada a fonte calorífica.

Estas alternativas repetiram-se muitas vezes.

(1) E. Branly, *C. R.*, tom. cxviii, 1894, pag. 348.

Deixando o calor actuar durante um minuto depois de cessar a conductibilidade, era necessário esperar cinco minutos para que o cylindro se mostrasse novamente conductor.

A conductibilidade desaparecia de vez, quando a acção de calor se prolongava por mais de tres minutos.

Para explicar estes phenómenos aventou Branly duas hypótheses.

Ou o isolador, que separa as partículas conductoras, se torna conductor pela acção passageira duma corrente d'alto potencial, e os phenómenos observados caracterizam a conductibilidade do dieléctrico; ou deve considerár-se demonstrado não ser necessário que as partículas dum conductor estejam em contacto para conduzir as correntes eléctricas, por muito fracas que ellas sejam.

O professor Oliver Lodge (1) admite que as partículas das limalhas se polarizam e dispõem em filas longitudinaes conductoras.

Compara o phenómeno ao facto observado por Lord Rayleigh, de que approximando um pau de resina electrizada dum jacto d'água vertical, se impedem as gottas líquidas de resaltarem umas sobre as outras, e que dois jactos que se encontram, deixam de resaltar quando estiverem respectivamente ligados aos polos dum elemento de Grove.

(1) O. Lodge, *Philosophical Magazine*, tom. xxxvii, 1894, pag. 94.

*Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom. iv, 1895, pag. 31.



Lodge attribue estes phenómenos á formação, em cada gotta, de cadeias de moléculas polarizadas, terminando, num hemisphério, por átomos de oxygénio carregados negativamente, e no outro, por átomos do hydrogénio carregado positivamente.

Quando os hemisphérios de nomes contrários de duas gottas chegam ao contacto, as gottas attrahem-se não só em virtude das forças cohesivas ordinárias mas tambem pela acção das forças eléctricas.

O raio d'acção das moléculas acha-se assim augmentado, e a cohesão pode exercer-se a maiores distâncias.

G. Vicentini (1) para observar estes phenómenos da variação da resisténcia das limalhas metálicas, formou várias emulsões de mercúrio em azeite ou essência de terebinthina, com o que se obtem um líquido em que as pequenas gottas de mercúrio ficam separadas umas das outras.

Fazendo na vizinhança destes tubos saltar diversas faíscas eléctricas, viu-se que as pequenas partículas de mercúrio se reüniam formando gottas maiores cujo número e diâmetro augmentavam com o número das descargas.

Durante as differentes phases das descargas successivas tanto o mercúrio como o líquido isolador tomam rápidos movimentos.

(1) G. Vicentini, *Atti del Real Instituto di Venezia*, 7.<sup>a</sup> série, tom. vii, 1895-1896.

*Journal de Physique*, 3.<sup>me</sup> série, tom. vi. Mars, 1897, pag. 155.

A propriedade de variação de resistência dos tubos com limalha, também estudada por G. M. Minchin (1), serviu a vários physicos taes como Lodge (2), Croft, Le Royer e Berchem, Biernacki (3), Spielmann, Von Lang (4), etc., para pôr em evidência a existência d'ondas eléctricas.

Branly (5) faz notar, que estes tubos sòmente indicam com precisão as posições dos nós e ventres das ondas estacionárias, quando separados do circuito comprehendendo a pilha e o galvanómetro, porque a acção duma corrente induzida no circuito seria muitas vezes sufficiente para actuar sobre a conductibilidade da limalha.

Estando a limalha separada do circuito, as ondas eléctricas sòmente têm acção sobre ella quando o tubo se prolongue por pequenos conductores metálicos.

A influência uma vez exercida põe-se em evidência intercalando novamente o tubo no circuito da pilha e do galvanómetro.

Quando as misturas sam muito resistentes devem distinguir-se a conductibilidade primitiva da consecutiva.

Para haver um primeiro accréscimo de condu-

(1) G. M. Minchin, *Philosophical Magazine*, tom. xxxvii, 1894, pag. 90.

*Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom. iv, 1895, pag. 30.

(2) O. Lodge, *Nature*, tom. lii, London. June, 7, 1894.

(3) Biernacki, *Wied. Ann.*, tom. lv, 1895, pag. 599.

(4) Von Lang, *Wied. Ann.*, tom. lvii, 1896, pag. 430.

(5) C. Branly, *Journal de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tom. iv, 1895, pag. 273.

ctibilidade pode tornar-se necessário o emprego de correntes d'elevado potencial, mas desde que o effeito se manifestou uma vez e se faz desaparecer por qualquer dos processos usuaes, a alteração de resistência manifesta-se empregando correntes muito mais fracas que a primeira.

Esta conductibilidade consecutiva permite a construcção de resonadores muito sensiveis.



## CAPITULO VII

### TELEGRAPHIA SEM FIOS

Dá-se geralmente o nome de telegraphia á transmissão a distância de quaesquer signaes que traduzem o pensamento humano.

Esta denominação é imprópria, porque alguns dos télégraphos usados não deixam signal dos despachos transmittidos.

E' o que acontece com os primitivos télégraphos d'agulhas, com o submarino, com o télégrapho de Breguet, usado nos caminhos de ferro, etc.

Todos estesapparelhos exigem, porém, o emprego de fios conductores das correntes, o que os torna impróprios para certos usos, como, por exemplo, na arte da guerra.

Remediava-se este inconveniente, empregando os télégraphos ópticos que têm a preciosa vantagem de dispensarem longas e penosas installações.

Até agora o material empregado, mesmo nos apparelhos mais aperfeiçoados, consistia essencialmente, num foco luminoso cujos raios se

dirigiam sobre uma luneta convenientemente orientada no posto receptor.

O segredo da telegraphia óptica moderna consiste na combinação dum alphabeto convencional cujas diferentes letras sam figuradas, como no systema Morse, por uma successão de lampejos mais ou menos prolongados.

Esta mesma simplicidade acarreta consigo o grande defeito, principalmente quando se trata de coisas de guerra, de não assegurar o segredo da correspondência.

O inimigo observando os signaes, transmittidos principalmente á noite, consegue muitas vezes decifrar os despachos emittidos.

Este gravissimo inconveniente foi remediado pelo emprego da luz polarizada.

O transmissor em vez de enviar uma série de clarões emite um raio contínuo de luz polarizada, cujo plano de polarização se pode orientar de diferentes maneiras.

Quanto ao receptor compõe-se duma série d'analysadores, tantos quantos os caracteres a transmittir, orientados de diferentes maneiras.

Tendo regulado as posições a dar ao polarizador para extinguir cada um dos analysadores, conseguem-se transmittir os despachos muito mais rapidamente e com mais segurança do que com os antigos modelos de télégraphos ópticos.

O apparelho pode ser empregado até distâncias de 35 a 40 chilómetros.

Hoje em dia é possível obter o mesmo resultado com o auxilio das radiações eléctricas.

Em 1842 Henry mostrou que a descarga duma garrafa de Leyde collocada num quarto do último andar da sua casa era capaz de magnetizar uma agulha situada numa loja, 9<sup>m</sup> mais abaixo.

Em 1884 os telegrammas enviados em signaes Morse pelo « Post Office », de Londres para Bretford, através dum fio de cobre isolado e envolvido por um tubo de ferro enterrado na rua, foram lidos num circuito telephónico formado por um fio de ferro suspenso dos supportes usuaes, a 25<sup>m</sup> de distância.

Um anno mais tarde, em 1885, Edison communicava com um combóyo em movimento, aproveitando a influéncia exercida entre um circuito paralelo aos carris da linha e um circuito telephónico disposto no interior duma carruagem.

Depois das descobertas d'Hertz o problema da telegraphia eléctrica sem fios tem sido objecto de numerosas tentativas entre as quaes recordaremos, como principaes, as de Preece na Inglaterra, as de W. Rathenau, E. Rathenau e H. Rubens na Allemanha, e as modernas experiéncias de Marconi o famoso discípulo do Dr. Righi, de Bolonha.

Preece (1) utiliza a inducção como meio de transmissão.

Tanto no posto expedidor como no receptor collocáram-se dois circuitos extraordinariamente grandes.

(1) W. H. Preece, Memória lida no congresso d'electricidade de Chicago, *Revue Scientifique*, 30<sup>me</sup> année, tom. LI, 1893, pag. 620.



Se o circuito primário fôr percorrido por uma corrente constante regularmente interrompida ou por correntes alternativas, ouve-se num telephónio intercalado no circuito secundário, um som, cujo período concorda com o da corrente inductora.

Havendo no circuito primário um interruptor apropriado é possível obter sons de curta ou longa duração, com os quaes se pode formar um alfabeto análogo ao de Morse.

Numa das primeiras séries d'experiências aproveitou-se o canal de Bristol, onde era possível tentar a communição através de distâncias de 5 ou 8 chilómetros.

Duas ilhas, Feat Holm e Steep Holm, acham-se situadas em frente de Penarth e do cabo de Lavernoch, próximo de Cardiff.

Na primeira destas ilhas existe um pharol.

Dois grossos fios de cobre formando circuito foram collocados sobre postes, ao longo da costa da terra firme, numa extensão de 1.150 metros.

O circuito completava-se pela terra.

Na areia collocáram-se ao nível do baixo mar, a uma distância de 540<sup>m</sup> do circuito primário, dois fios de cobre isolado e um terceiro fio nu.

As extremidades destes fios ligavam-se ao solo por meio de grossas barras metálicas enterradas na areia.

Os fios eram periodicamente cobertos pela maré, que naquelle ponto sobe 10 metros.

Em Feat Holm, a 5 chilómetros de distância collocou-se numa extensão de 540<sup>m</sup>, um outro fio de cobre isolado.

Uma pequena chalupa a vapor tendo a bordo vários cabos isolados permittia o afastamento da costa, onde uma locomovel fazia mover um gerador, que fornecia 192 alterações completas por segundo, para intensidades attingindo, por vezes, 15 ampères.

Estas experiências demonstráram, que as ondas electro-magnéticas se podem transmittir a grandes distâncias através da água.

Foi impossivel determinar o limite da propagação.

A comunicação entre a costa e Feat-Holm estabeleceu-se sem difficuldade.

Leram-se vários despachos transmittidos de parte a parte, e coisa curiosa, a primeira noticia transmittida e que provava o successo das experiências, annunciava tambem a morte subita de Graves, chefe do departamento técnico.

Os ensaios entre Lavernoch e Steep Holm, distantes de 8.500 metros, não tiveram o mesmo éxito; os signaes eram ainda perceptíveis, mas era impossivel distinguir os sons de modo a reconstituir os signaes de Morse.

Outra série d'experiências foi ultimamente realizada na Escossia entre Arran e Kintyre, cuja distância é dalgumas milhas inglezas.

Obteve-se o circuito primário estendendo um fio ao longo duma encosta, que se eleva até 1.000 metros e deixando o circuito fechar-se pela terra.

O comprimento total do fio era de 3.200 metros e a superficie do circuito primário superior a 3 milhões de metros quadrados.

O circuito secundário, como na primeira série d'ensaios, dispunha-se dum modo análogo ao primário.

Quando Preece communicou as suas experiências na sessão de 21 de fevereiro de 1894 á « Royal Comission for the Chicago exhibition » objectou-lhe Granville (1) que a par da inducção se devia tambem considerar a conductibilidade pela terra que liga os dois circuitos.

Granville recordou nesta occasião uma experiência que havia feito com Willoughby Smith e que era a prova directa da influencia desta conductibilidade.

A experiência consistia em enterrar próximo da costa duas chapas metálicas, entre as quaes, como eléctrodos, se fazia passar uma corrente constante.

Num barco afastado da costa algumas centenas de metros, era possível, por meio dum segundo par de chapas immersas dos dois lados do barco, a um quarto de milha de distância, obter desvios num galvanómetro intercalado num fio de meia milha de comprimento que ligava as duas placas.

Os desvios duravam somente enquanto o circuito primário estava fechado, o que leva a crer, que neste fenómeno intervinha apenas a conductibilidade.

Preece respondeu que havia tambem estudado cuidadosamente os fenómenos da conductibili-

(1) Dr. Heinrich Rubens, *Veruche über elektrische Telegraphie ohne Draht* -- *Naturwissenschaftliche Rundschau*, tom. x, 1895, pag. 41.



dade, mas que estava convencido, que no caso presente, se tratava apenas d'acções devidas á inducção.

Esta questão foi tambem tratada por Stevenson (1) que independentemente de Preece fez várias experiéncias nas costas do norte d'Inglaterra e que chegou á conclusão que a inducção predomina todas as vezes que a distância das duas estações é muito grande em relação á das lâminas do conductor primário.

W. e E. Rathenau resolveram tentar a telegraphia sem fios utilizando não a induc o mas a conductibilidade pela terra, a que os physicos inglezes tinham ligado tam pouca importância.

Começaram, para isso, por estudar a distribui o das linhas de fluxo produzidas num líquido entre dois pares d'eléctrodos equidistantes.

Provou-se nestas experi ncias, que numa soluço de chloreto de sódio com a concentra o da água do mar, passava para o circuito secundário a milhion sima parte pouco mais ou menos, da corrente primária, quando a distância entre os dois pares d'eléctrodos era dez vezes superior   distância entre os eléctrodos do mesmo par.

Esta rela o depende, por certo, da grandeza dos eléctrodos secundários e portanto   s mente válida para as condi oes da experi ncia.

Mas como s mente se attendia   ordem de grandeza do effeito produzido, e como a rela o

(1) Charles A. Stevenson, *Royal Society of Edinburgh*. January, 1893.

*Nature*, tom. LV, London, 1896, pag. 197.

entre a superfície dos eléctrodos secundários e a sua distância se podia facilmente reproduzir, mesmo operando a centenas de metros, podia adoptar-se aquelle número como base d'experiências em grande eschala.

O resultado obtido apezar de se aproveitar sòmente uma pequeníssima fracção da corrente podia considerar-se muito animador porquanto com os galvanómetros muito sensiveis se pode apreciar com segurança uma milionésima de ampère, havendo por outro lado meios de produzir no circuito primário correntes alternativas ou periòdicamente interrompidas, de muitos ampères.

O logar escolhido para as experiências em ponto grande foi o lago de Wann, em Potsdam, onde contando com o Havel, se dispõe duma superfície d'água que se estende em linha recta a cerca de 5 chilómetros.

Os dois eléctrodos primários, de 15 metros quadrados de superfície, foram enterrados próximo da ponte de Frederico Guilherme, na Villenkolonie Alsen, a uma distância de 500 metros.

Os eléctrodos eram ligados por um cabo em que estavam intercalados uma bateria d'accumuladores, uma resisténcia para regular a corrente, e um interruptor de rotação que fechava o circuito 150 vezes por segundo.

Uma chave de Morse permittia a producção de longos ou curtos estabelecimentos da corrente.

O circuito secundário era constituído por dois eléctrodos com 4 metros quadrados de superfície cada um, fixados separadamente em pequenos

barcos, o que permittia mergulhá-los no lago a differentes distâncias variaveis entre 50 e 300 metros.

Um cabo munido dum telephónio estabelecia a ligação entre elles.

A' distância de 45 chilómetros, a maior a que se fizeram observações, os dois barcos estavam na immediata vizinhança das margens do Havel, próximo a Neu-Cladow, sendo ainda os signaes tam nítidos, que sem dúvida com os mesmos instrumentos se poderia operar a maiores distâncias.

Reconheceu-se tambem que é desprezivel a influencia dos baixos e das ilhas, situados entre as duas estações.

O telephónio embora se recommende pela sua simplicidade e facil emprego é inferior em sensibilidade a outrosapparelhos galvanométricos.

O Dr. Rubens construiu recentemente um instrumento muito superior ao telephónio não só pela sua sensibilidade mas tambem porque regista photographicamente os signaes transmittidos.

Este instrumento, análogamente ao que succede com o telephónio óptico de Wien, só tem esta sensibilidade para ondas dum determinado período, dependente da sua construcção.

Esta propriedade é de grande importancia para a telegraphia, porque empregando correntes alternativas de differentes periodos, pode communicar-se ao mesmo tempo com diversos postos, com diversos navios por exemplo, sem que o signal destinado a um delles seja percebido pelos outros.



Isto suppõe, é claro, que o período da corrente primária, variavel entre largos limites, concorda para os seus diversos valores com os períodos dos differentes receptores.

O systema mais aperfeiçoado da telegraphia eléctrica sem fios é a de Marconi, em que se aproveitam as correntes alternativas de grande frequência e que se distingue dos apparatus até agora usados pela sensibilidade do *relais* construído pelo auctor.

Como todas as outras, a disposição de Marconi consta dum transmissor que produz as radiações e dum receptor que põe em evidência a impulsão recebida.

O transmissor (1) consta essencialmente dum excitador de Righi do último modelo construído.

As espheras do excitador, com quatro pollegadas de diâmetro, eram sólidas, o que, como se sabe, augmenta muito a acção.

Ao lado dellas estavam collocadas duas outras pequenas espheras, que limitam o circuito secundário dum carrete d'inducção, cujo primário é alimentado por uma bateria que se introduz ou retira do circuito por meio duma chave de Morse.

(1) *Nature*, tom. LVI, n.º 1442, London. June, 1897, pag. 6.  
*Abstract of a discourse delivered before the Royal Institution* by W. H. Preece.

*Revue Générale des Sciences*, tom, VIII, n.º 14. Juillet, 1897, pag. 567.

*Naturwissenschaftliche Rundschau*, tom. XII, n.º 31. Juli, 1897, pag. 400.

Nas experiências, ha pouco realizadas, o número d'oscillações era de 250 milhões por segundo.

A distância a que se podem transmittir os signaes varia, como é de ver, com a energia da descarga.

Um carrete dando faíscas de seis pollegadas era sufficiente para experiências feitas a menos de quatro milhas; para maiores distâncias empregou-se um carrete mais poderoso dando faíscas de vinte pollegadas.

No interruptor ha a notar em especial o *relais*, que consiste num pequeno tubo de vidro de 4<sup>cm</sup> de comprimento, com dois polos de prata separados por um intervallo de meio millimetro, onde se colloca uma mistura de limalhas de nickel e prata com vestígios de mercúrio.

No interior de tubo assim preparado e fechado á lâmpada, deve haver uma pressão pròximamente igual a 4<sup>cm</sup> de mercúrio.

Este tubo faz parte dum circuito que contém tambem uma pilha e um *relais* telegráphico muito sensível.

Como se sabe, o tubo com limalha actua como um resonador, e a sua resistência ao princípio enorme, passa rápidamente, pela acção das ondas eléctricas, a menos de 50 ohms.

Para pôr novamente o tubo em estado de ser sensível ás radiações eléctricas, faz Marconi actuar a corrente local sobre um pequeno martello, que, percutindo o tubo de vidro, o faz retomar a primitiva resistência.

A duração dos sons produzidos pelas pancadas do martello permitem reconstituir os signaes de

Morse, que aliás podem também ser impressos por uma disposição especial.

O tubo do receptor prolonga-se de cada lado por dois conductores ligados a grandes lâminas metálicas cuja posição se regula de maneira a afinar o resonador com as ondas emittidas pelo excitador.

As oscillações lançadas pelo transmissor chegando ao receptor tornam a limalha conductora, a corrente local passa durante um espaço de tempo maior ou menor, reproduzindo assim os traços e pontos do alfabeto de Morse.

As experiências feitas no canal de Bristol entre Penarth e Brean-Down, distantes 9 milhas inglezas, deram os melhores resultados.

Provou-se também que as elevações do terreno e que a chuva, nevoeiro, neve e vento não tinham influência sensível na transmissão dos despachos.

Pelo systema de Marconi é também possível lançar os despachos em várias direcções ao mesmo tempo; basta para isso que os resonadores e transmissor estejam afinados para o mesmo período.

No decurso das experiências revelaram-se algumas anomalias, cuja explicação não parece facil.

Assim, por exemplo, notou Marconi, que o seu receptor funcionava mesmo quando encerrado numa caixa metálica completamente fechada, o que, como se sabe, vae d'encontro a todas as anteriores experiências, ás d'Hertz principalmente.



Foi, por certo, este facto a origem do boato propalado pela imprensa noticiosa, que largamente se occupou do assumpto, de que Marconi esperava poder servir-se do seu aparelho como dum guarda costas precioso, que inflammaria os paioes dos navios coiraçados quando elles se approximassem a certa distância, ou tentassem porventura forçar uma passagem.

Assim seria talvez, se lá existisse um resonador afinado como o excitador, o que segundo cremos não faz, até agora, parte do material d'embarque.

First paragraph of faint text, appearing to be the beginning of a letter or document.

Second paragraph of faint text.

Third paragraph of faint text.

Fourth paragraph of faint text.

Fifth paragraph of faint text.

Sixth paragraph of faint text.

Seventh paragraph of faint text.

Eighth paragraph of faint text.



# ÍNDECE

## CAPITULO I

### EFFEITOS DE TESLA

#### *Phenómenos electro-estáticos*

	pag.
1. Fórmias da descarga . . . . .	2
2. Acção dos dieléctricos . . . . .	5
3. Comparação das descargas dos transformadores com as das máchinas electro-estáticas . . . . .	7
4. Chammas eléctricas . . . . .	11
5. Descargas dos transformadores. . . . .	16

## CAPITULO II

### EFFEITOS DE TESLA

#### *Iluminação pelas correntes alternativas*

1. Lámpadas bipolares . . . . .	21
2. Lámpadas unipolares. Effeitos do bombardeamento molecular . . . . .	24
3. Lámpadas apolares . . . . .	28
4. Substâncias incandescentes . . . . .	30



	pag.
5. Influência da pressão e capacidade . . . . .	37
6. Tubos vazios. Campo electro-estático . . . . .	43
7. Pinceis luminosos . . . . .	56
8. Phenómenos de phosphorescência . . . . .	62
9. Conductibilidade do corpo humano . . . . .	64

## CAPITULO III

## ACÇÃO DAS CORRENTES SOBRE OS SERES VIVOS

1. Acções physiológicas e therapêuticas. . . . .	68
2. Acção sobre as bacteriáceas . . . . .	82

## CAPITULO IV

ACÇÃO MAGNETIZANTE DAS CORRENTES ALTERNATIVAS. . . . .	91
--	----

## CAPITULO V

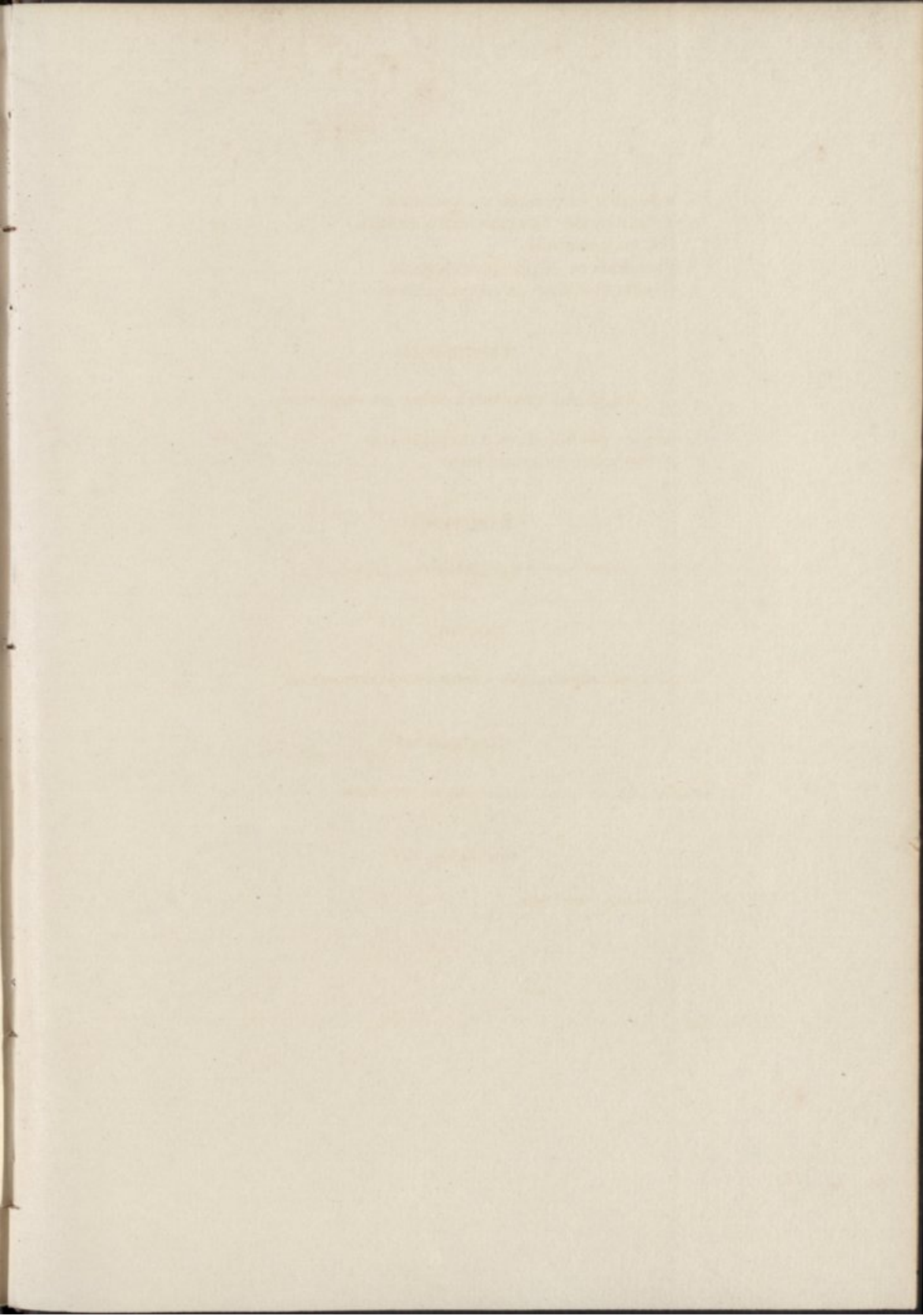
ACÇÕES MECHÁNICAS DAS CORRENTES ALTERNATIVAS . . . . .	107
--	-----

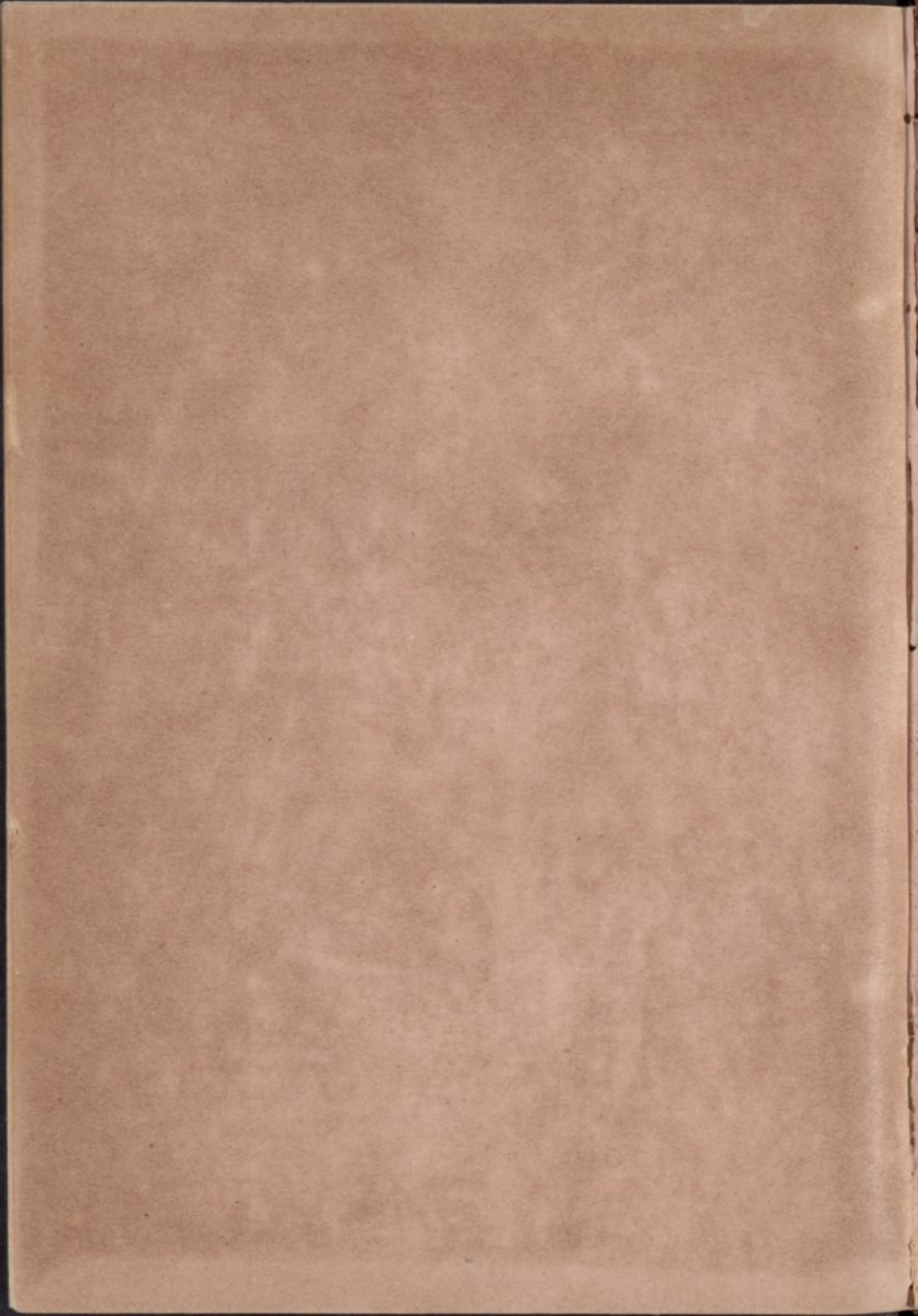
## CAPITULO VI

VARIAÇÕES DA RESISTÊNCIA DOS CONDUCTORES . . . . .	121
--	-----

## CAPITULO VII

TELEGRAPHIA SEM FIOS . . . . .	135
--------------------------------	-----

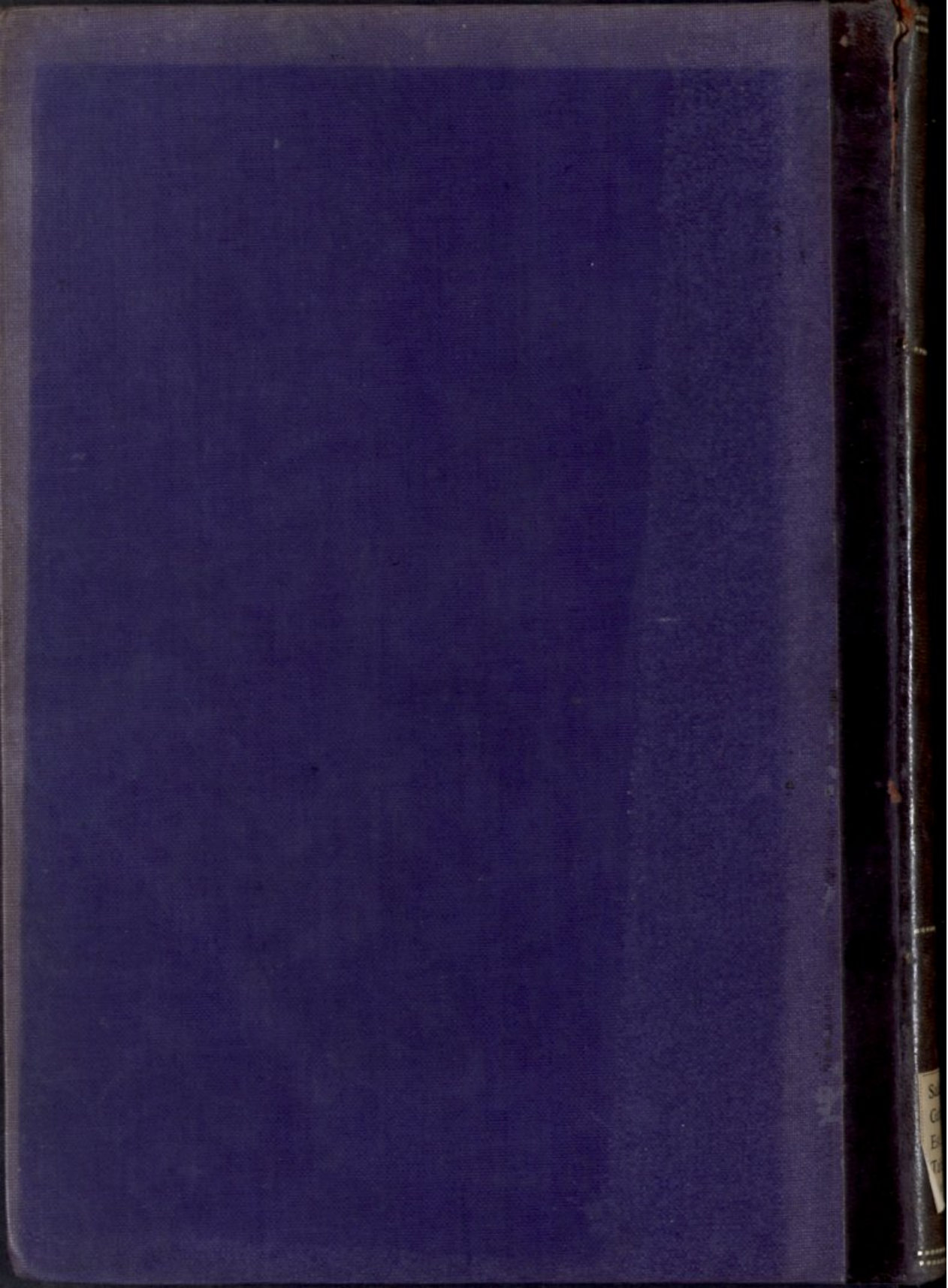








60984 81800



Sala

51

Gab.

1

Est.

56

Tab.

19

N.º

59

P. DA FONSECA - DISSERTAÇÃO DE CONCURSO

PHILOSOPHIA