



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FEEC - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação

WILSON PICLER

FOTOGRAFIA KIRLIAN (BIOELETROGRAFIA):

Uma abordagem crítica e desmistificada dos padrões cromáticos

CAMPINAS

2019

WILSON PICLER

FOTOGRAFIA KIRLIAN (BIOELETRGRAFIA):

Uma abordagem crítica e desmistificada dos padrões cromáticos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica, na área de Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Tavares Costa

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação defendida por Wilson Picler e orientada pelo Prof. Dr. Eduardo Tavares Costa.

CAMPINAS
2019

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

Picler, Wilson, 1964 -

P587f Fotografia Kirlian (Bioeletrografia): uma abordagem crítica e desmistificada dos padrões cromáticos / Wilson Picler. – Campinas, SP: [s.n.], 2019.

Orientador: Eduardo Tavares Costa.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

1. Fotografia. 2. Corona (Eletricidade). 3. Kirlian. 4. Bioeletrografia. I. Costa, Eduardo Tavares, 1956-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Kirlian Photography (Bioelectrography): a critical and demystified approach to chromatic patterns

Palavras-chave em inglês:

Photography
Corona (Electricity)
Kirlian
Bioelectrography

Área de concentração: Engenharia Biomédica

Titulação: Mestre em Engenharia Elétrica

Banca examinadora:

Eduardo Tavares Costa [Orientador]
Luiz Otávio Saraiva Ferreira
Pedro Xavier de Oliveira

Data de defesa: 30-01-2019

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Elétrica

ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0001-7335-2152>

Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/9696326044397970>

COMISSÃO JULGADORA - DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Candidato: Wilson Picler RA: 935139

Data da Defesa: 30 de janeiro de 2019

Título da Tese: FOTOGRAFIA KIRLIAN (Bioeletrografia):

Uma abordagem crítica e desmistificada dos padrões cromáticos

Prof. Dr. Eduardo Tavares Costa (Presidente)

Prof. Dr. Luiz Otávio Saraiva Ferreira

Prof. Dr. Pedro Xavier de Oliveira

A ata de defesa, com as respectivas assinaturas dos membros da Comissão Julgadora, encontra-se no SIGA (Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese) e na Secretaria de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

DEDICATÓRIA

Dedico esta obra à memória das seguintes pessoas:

Eng. Ernani Guimarães Andrade (*in memoriam*), cuja dedicação e seriedade me serviram de exemplo.

Professor Akilari (*in memoriam*), por ter me propiciado a oportunidade de iniciação na área de Psicobiofísica, Parapsicologia e Espiritualismo.

Prof. Octávio Melchiades Ulysea (*in memoriam*), por ter me acolhido como pesquisador no Campus Universitário Bezerra de Menezes em Curitiba.

AGRADECIMENTOS

Agradeço às seguintes pessoas e instituições pela colaboração nesta pesquisa:

Primeiramente, ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Tavares Costa, por ter me orientado e aceitado este tema como objeto de pesquisa e dissertação de mestrado.

À jornalista científica Cristina Tavares da Costa Rocha e ao Prof. Luciano Baracho Rocha, por terem me contratado, em 1985, como técnico em eletrônica e pesquisador no Instituto Nacional de Pesquisas Psicobiofísicas, sediado e apoiado no Campus Universitário Bezerra de Menezes em Curitiba.

Aos seguintes profissionais, por terem colaborado com o desenvolvimento da instrumentação para esta pesquisa:

Luiz Augusto Rebello, Técnico em Eletrônica

Luiz Antonio Ferreira dos Santos, Técnico em Eletrônica

Hamilton Pereira da Silva, Físico e Mestre em Engenharia Elétrica;

Francisco Scaramella, Engenheiro Eletricista

Armando Kolbe Júnior, Designer Gráfico

Luiz Augusto Polydoro, Físico e Mestre em Engenharia Elétrica;

Hélio de Souza, Técnico em Eletrônica

Marcos César Queiroz – Engenheiro Eletricista

Eliane Custódio – Mestre em Engenharia Elétrica

Juliano de Mello – Mestre em Engenharia Elétrica

Luis Fernando Baebeski – Técnico em Revelação de Filmes Fotográficos

RESUMO

A fotografia Kirlian (Bioeletrografia), consiste na fotografia do Corona, efeito luminoso provocado pela ionização do ar devido à aplicação de campos elétricos de alta tensão em objetos, geralmente as pontas dos dedos humanos ou folhas de plantas. Muitos estudos têm difundido essa técnica no contexto das terapias alternativas, como aplicável para o diagnóstico de várias doenças e condições de saúde mental e estados bioenergéticos do ser humano. O presente trabalho enfoca a avaliação dessa técnica, a fim de desmistificar alguns padrões cromáticos nessas fotografias como indicadores para diferentes patologias. Portanto, em uma primeira abordagem, este trabalho centrou-se na análise do espectro de emissão do Corona gerado em torno dos eletrodos e sua interação com o filme fotográfico. A espectroscopia de emissão do Corona (Picler, 1999) revelou grande quantidade de radiação ultravioleta com uma parcela menor de luz no espectro visível com predominância de azul/violeta. Analisando-se a técnica da kirliangrafia, observou-se que o Corona poderia ocorrer no lado superior ou inferior da película fotográfica (Boyer & Tiller, *The colors in Kirlian photography- fact or artifact?*, 1975). As experiências mostraram que, quando o Corona ocorre somente na parte superior do filme, a kirliangrafia revela-se na cor azul. No entanto, observou-se também que, quando o Corona ocorre embaixo da película fotográfica, a radiação gerada sensibiliza o filme pelo seu lado oposto, produzindo uma grave aberração cromática, que muitos profissionais desavisados, entre eles médicos e psicólogos, acreditam erroneamente estar relacionada ao estado biológico ou psicológico do paciente.

Palavras-chave: Kirlian, fotografia, bioeletrografia, Corona, desmistificação

ABSTRACT

Kirlian Photography (Bioelectrography) consists of the photograph of the Corona Effect, which is a luminous effect that may be photographed due to of the ionization of the air as a result of the application of high voltage electric fields in objects, usually the fingertips or leaves of plants. Many studies have spread this technique, in the context of alternative therapies, as applicable to the diagnosis of various diseases and mental and bio-energetic states of the human being. The present work focuses on the evaluation of this technique in order to demystify some chromatic patterns in these photographs as indicators for various pathologies. Therefore, as a first approach, this work focused on the analysis of the Corona emission spectrum generated around the biological electrodes energized and its photo interaction with the film. The Corona Emission Spectroscopy (Picler, 1999) revealed a large amount of ultraviolet radiation with a smaller portion of light in the visible spectrum with a predominance to violet/blue. Analyzing the Kirlian techniques, it was observed that the Corona could occur either on the top or in the bottom side of the photographic film (Boyer & Tiller, The colors in Kirlian photography- fact or artifact?, 1975). The experiences have shown that when the Corona occurs only in the upper part of the film, the Kirliangraphs reveal just the blue color. However, it could also be observed that, when the Corona occurs underneath the photographic film, the radiation generated sensitizes the film by its opposite side, producing a severe chromatic aberration that many unaware practitioners, among them physicians and psychologists mistakenly believe to be related to the patient's biological or psychological states.

Key words: Kirlian, Photography, Bioelectrography, Corona, demystification

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Kirliangrafia de uma folha vegetal. Fonte: Pinterest.com.</i>	23
<i>Figura 2 - Esquema básico da fotografia Kirlian. Fonte: autoria própria.</i>	24
<i>Figura 3 – Semyon e Valentina Kirlian. Fonte: (Konstatin Korotkov, 2013).</i>	28
<i>Figura 4 – À esquerda, o EEA-BIOSCAN de Peter Mande. À direita, fotos kirlian das mãos e dos pés tiradas simultaneamente. Fonte: kirlian.iuab.org/eea-bioscan e colorpuncture.org.</i>	33
<i>Figura 5 – Símbolo do Yin-Yang. Fonte (I Ching).</i>	38
<i>Figura 6 – Efeito Corona em torres de alta tensão. Fonte: (energyservice.comunidades.net).</i>	41
<i>Figura 7 – Ionização inicial por colisão de elétrons. Fonte: autoria própria.</i>	43
<i>Figura 8 - Início da avalanche eletrônica. Fonte: autoria própria.</i>	43
<i>Figura 9 - Avalanche de Townsend. Fonte: autoria própria.</i>	43
<i>Figura 10 – Transições eletrônica quânticas e emissão de radiação fotônica. Fonte: autoria própria.</i>	45
<i>Figura 11 - Efeito Corona em uma chave. Fonte:(spaceplasma.tumblr.com).</i>	46
<i>Figura 12 –Regime de descargas elétricas.</i>	47
<i>Figura 13 – Roda de pontas e objeto semelhante ionizado pela aplicação de 30 kV.</i>	48
<i>Figura 14 – Máquina de tratamento de superfície por Corona/plasma. Fonte: (vedaphone).</i>	49
<i>Figura 15 – Porta-Filmes de Poliacetal. Fonte: autoria própria.</i>	53
<i>Figura 16 – Primeira versão do espinterômetro de poliacetal desenvolvido. Fonte: autoria própria.</i>	53
<i>Figura 17 – Rigidez dielétrica x Espaçamento entre esferas de 2 cm de diâmetro.</i>	55
<i>Figura 18 – Pressão x Altitude. Fonte: autoria própria.</i>	56
<i>Figura 19 - Camadas da atmosfera. Fonte: autor.</i>	57
<i>Figura 20 – Descarga elétrica em uma lâmpada de nitrogênio. Fonte: (Wikimedia Commons, 2019).</i>	58
<i>Figura 21 - Descarga elétrica em uma lâmpada de oxigênio. Fonte: (Wikimedia Commons, 2019).</i>	58
<i>Figura 22 – Descarga elétrica no ar atmosférico sob baixa pressão. Fonte: (Faíscas, s.d.).</i>	58
<i>Figura 23 – Espectro natural de um raio – Fonte: (Atmospheric Optics – Denis Joye).</i>	58
<i>Figura 24 – Pressão x Altitude/Conceito de colunas de ar. Fonte: autoria própria.</i>	59
<i>Figura 25 – Pressão x Altitude. Fonte: autoria própria.</i>	62
<i>Figura 26 – Barômetro de mercúrio. Fonte: pinterest.com.</i>	63
<i>Figura 27 – Massa de vapor de saturação no ar x Temperatura. Fonte: autoria própria.</i>	66
<i>Figura 28 – Variação da temperatura e pressão atmosférica em Curitiba (19 dez. 2018).</i>	68
<i>Figura 29 – Precipitação acumulada e pressão atmosférica em Curitiba (19 dez. 2018).</i>	68
<i>Figura 30 – Bobina elevadora secundária à esquerda e primária, à direita. Fonte: (BWD, 2019).</i>	71

<i>Figura 31 – Transformador elevador de tensão (MAT) tipo Fly-Back. Fonte: Luiz Lafersan.</i>	72
<i>Figura 32 – Bobina de Ignição tradicional</i>	73
<i>Figura 33 – Bobina de Ignição moderna tipo caneta. Fonte: (BWD, 2019).</i>	74
<i>Figura 34 – Bobina de ignição com transistor interno. Fonte: (BWD, 2019).</i>	74
<i>Figura 35 – Bobina de Tesla (Ciência Prima, 2019).</i>	75
<i>Figura 36 –Ponte LCR Eucol U2837. Medição de resistência série (Rs). Fonte: autoria própria.</i>	76
<i>Figura 37 – Circuito gerador de MAT c/ SCR – Modelo p/ simulação LTSpice. Fonte: autoria própria.</i>	77
<i>Figura 38 – Variação de corrente na bobina L1. Fonte: autoria própria.</i>	77
<i>Figura 39 – Indução de uma MAT de – 70kV em L2. Fonte: autoria própria.</i>	77
<i>Figura 40 – Carga/descarga do capacitor pelo SCR/Simulação Spice (1μF, 1kΩ, 100 Hz).</i>	78
<i>Figura 41– Carga/descarga do capacitor pelo SCR/Simulação Spice (1μF, 1kΩ, 200 Hz).</i>	78
<i>Figura 42 – Carga/descarga do capacitor pelo SCR/Simulação Spice (1μF, 1kΩ, 1000 Hz). Fonte: autoria própria.</i>	79
<i>Figura 43 – Circuito de chaveamento da bobina. Fonte: autoria própria.</i>	79
<i>Figura 44 – Circuito chaveamento de bobina (C1=1μF, R1=1kΩ, FR=100Hz). Fonte: autoria própria.</i>	79
<i>Figura 45 - Circuito chaveamento de bobina (C1=1μF, R1=1kΩ, FR=1000 Hz). Fonte: autoria própria.</i>	80
<i>Figura 46 – Esquema elétrico do gerador com TUJ e SCR. Fonte: autoria própria.</i>	80
<i>Figura 47 Gerador MAT com oscilador TUJ e SCR. Fonte: autoria própria.</i>	81
<i>Figura 48 – Película fotográfica de 35 mm negativa revelada. Fonte: Cameraneon.com.</i>	82
<i>Figura 49 – Microscopia eletrônica de cristais de haleto de prata. Fonte: Kodak.</i>	84
<i>Figura 50 – Cristal de haleto de prata cúbico. Fonte: Haslego.</i>	84
<i>Figura 51 –Cristal de haleto de prata de geometria tabular (Tablet). Fonte: Haslego.</i>	85
<i>Figura 52 – Microscopia eletrônica de cristais de haleto de prata tabulares. Fonte: Kodak.</i>	85
<i>Figura 53 – Mensuração dos cristais: 1,68 μm; 2,10 μm e 3,11 μm. Fonte: Kodak.</i>	85
<i>Figura 54 – Sensibilidade espectral do bromo-iodeto de prata x Visão humana. Fonte: Haslego.</i>	87
<i>Figura 55 – Carretéis de filme 120. Fonte: Wikimedia Commons.</i>	90
<i>Figura 56 – Filme negativo 135 (35 mm) colorido atual (2019) (Rodrigo Leal).</i>	90
<i>Figura 57 – Demonstração do sistema RGB por projeção de cores. Fonte: Wikimedia Commons.</i>	91
<i>Figura 58 – Sistema CMY subtrativo de cores. Fonte: Wikimedia Commons.</i>	92
<i>Figura 59 – RGB CMY níveis de 0 a 255. Fonte: autoria própria.</i>	92
<i>Figura 60 – Cor positiva e cor negativa. Fonte: Wikimedia Commons.</i>	92
<i>Figura 61 - Camadas de um filme fotográfico colorido negativo. Fonte: Wikimedia Commons.</i>	93
<i>Figura 62 – Filme fotográfico negativo, antes e depois da revelação. Fonte: Fujicolor.</i>	94
<i>Figura 63 - Estrutura simplificada de um filme fotográfico colorido. Autoria própria.</i>	94

Figura 64 – Ação do acoplador de cor na revelação. Fonte autoria própria.	95
Figura 65 – Sensibilização do filme e formação de imagem negativa. Fonte autoria própria.	96
Figura 66 - Sensibilidade espectral das emulsões do filme colorido pancromático Fuji SHR100 (negativo). Fonte: Fujicolor.	97
Figura 67 – Filme com 4ª camada de cor (4th Color Layer). Fonte: FUJIFILM.	97
Figura 68 – Fujicolor Superia 200. Fonte: (FUJIFILM DATA SHEET AF3-008E)	97
Figura 69 – Filme para fotocomposição. Fonte: Kodak.	98
Figura 70 – Filme pancromático. Fonte: Kodak.	99
Figura 71 – Filme para radiação ultravioleta. Fonte: Kodak.	99
Figura 72 – Filme Fuji colorido ISO 100/21. Fonte: Wikimedia Commons.	100
Figura 73 – Sensibilidade x tamanho dos cristais de haleto de prata. Fonte: cameraneon.com.	101
Figura 74 – Diagrama em blocos da máquina Kirlian desenvolvida. Fonte: autoria própria.	104
Figura 75 – Nova unidade controladora. Fonte: autoria própria/L. A. Rebello/Foto Rodrigo Leal.	105
Figura 76 – Porta-filme que opera em conjunto com a unidade de controle.	106
Figura 77 – Fonte de alimentação para o regulador AT. Fonte: autoria própria.	107
Figura 78 – Ripple de 1,28 V com dois capacitores de 470 μ F (Medido com osciloscópio Tektronix TDS1002). Fonte: autoria própria/Luiz Antonio Ferreira dos Santos.	107
Figura 79 - Regulador de AT (Alta Tensão). Fonte: autoria própria.	108
Figura 80 – Ensaio do regulador AT com o varivolt. Fonte autoria própria/Foto Rodrigo Leal.	109
Figura 81 – Regulador com LR8N. Fonte: autoria própria.	110
Figura 82 – Circuito do voltímetro de 3 ½ dígitos. Fonte: Renesas/Intersil.	111
Figura 83 – Kit voltímetro digital com ICL7107. Fonte: any-kit.	111
Figura 84 – Gerador de pulsos SG 3525 Fonte: autoria própria.	112
Figura 85 - Simulação LTspice SG 3525 – saídas A e B Fonte: autoria própria.	112
Figura 86 – Circuito para simulação LTspice – Gerador MAT com MOSFET. Fonte: autoria própria.	113
Figura 87 – Simulação LTspice do gerador com dois MOSFETs. Fonte: autoria própria.	114
Figura 88 – Oscilação amortecida no momento da descarga de C. Fonte: autoria própria.	114
Figura 89 – MAT induzida no secundário do transformador (L2). Fonte: autoria própria.	114
Figura 90 – Tempo de descarga de VC (Dreno de M1). Fonte: autoria própria.	115
Figura 91 – Variação de corrente no primário do transformador (L1). Fonte: autoria própria.	115
Figura 92 – Medição feita com a ponta divisora montada e osciloscópio digital Tektronix.	115
Figura 93 - Esquema elétrico do gerador de MAT com fonte regulada ajustável. Fonte: autoria própria.	116
Figura 94 – Espinterômetro antigo à esquerda e moderno à direita. Fonte: EcuRed.	117
Figura 95 – Primeira versão do espinterômetro desenvolvido em 1994. Fonte: autoria própria.	118
Figura 96 – Comprovante de licença da IEC 60052 para Wilson Picler.	119

<i>Figura 97 – Afastamentos. Fonte: IEC60052.</i>	<i>120</i>
<i>Figura 98 – Novo espinterômetro, de acordo com a Norma IEC60052 Fonte: autoria própria.</i>	<i>121</i>
<i>Figura 99 – Quadro resumo da norma IEC 60052:2002. Fonte: autoria própria.</i>	<i>125</i>
<i>Figura 100 – Barômetro Termo Hígro Digital Datalogger MHB-382SD. Fonte: impac.com.br.</i>	<i>126</i>
<i>Figura 101 – Ponta 80K-40. Fonte: Fluke.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 102 - Ponta divisora de 1/1000 montada com resistores de filme metálico.</i>	<i>132</i>
<i>Figura 103 - Medição da MAT com a ponta divisora e osciloscópio digital Tektronix MSO2012B. Fonte: autoria própria/Luiz Antonio Ferreira dos Santos /Luiz A. Polydoro.</i>	<i>132</i>
<i>Figura 104 - Osciloscópio digital Tektronix MSO2012B. Foto: Rodrigo Leal.</i>	<i>133</i>
<i>Figura 105 – Modelo de serpentinas não indutivas. Fonte: Caddock.</i>	<i>135</i>
<i>Figura 106 – MG780 – 7,5 Watt, 15kV. Fonte: Caddock.</i>	<i>135</i>
<i>Figura 107 - Divisor resistivo de 1/1000, montado com 2 resistores Caddock MG780 de 20 MΩ e 20 resistores SMD de 1 KΩ em série. Fonte: autoria própria/ Luiz Antonio Ferreira dos Santos.....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 108 – Fotocontrolador Kirliangráfico. Fonte: autoria própria/L. A Rebello.</i>	<i>137</i>
<i>Figura 109 – Perfurações no filme fotográfico 135 (35 mm).....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 110 – Espectro do LED Infravermelho IR323. Fonte: EVERLIGHT).</i>	<i>138</i>
<i>Figura 111 – Sensibilidade espectral do Filme colorido Kodak Ektachrome. Fonte: Kodak.</i>	<i>138</i>
<i>Figura 112 - Base do porta-filme com o detector de janela.</i>	<i>138</i>
<i>Figura 113 – Visão interna do porta-filme.....</i>	<i>139</i>
<i>Figura 114 – Representação simplificada de uma célula de Carga com Strain Gauges. Fonte: autoria própria.</i>	<i>140</i>
<i>Figura 115 - Uniaxial Strain Gauge 350 Ohm. Fonte: Omega.com.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 116 - Célula de Carga Comercial p/ balanças de 5 kg. Fonte: Alfa Instrumentos.</i>	<i>141</i>
<i>Figura 117 – Célula de Carga Comercial p/ balanças de 10 kg. Fonte: Alfa Instrumentos.</i>	<i>141</i>
<i>Figura 118 – Célula de Carga industrial tipo C (50 a 200 Toneladas).</i>	<i>141</i>
<i>Figura 119 – Ponte de Wheatstone. Fonte: autoria própria.....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 120 - Representação de uma ponte de Wheatstone com strain gauges. Fonte: autoria própria.</i>	<i>143</i>
<i>Figura 121 - Algumas especificações do strain gauge do tipo Y. Fonte: HBM.</i>	<i>144</i>
<i>Figura 122 – Amplificador de Instrumentação Clássico. Fonte: autoria própria.</i>	<i>144</i>
<i>Figura 123 – Encapsulamento DIP14. Fonte: Burr Brown.</i>	<i>145</i>
<i>Figura 124 – Circuito Amplificador com INA101. Fonte: Burr-Brown.</i>	<i>146</i>
<i>Figura 125 - Regulador com LH007 (AD581) e BC327 (J. Mello e E. Custódio).</i>	<i>146</i>
<i>Figura 126 - Ensaio c/ o circuito LH007 e BC327 com a Célula de Carga.....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 127 – Ensaio de regulação do LH007 (AD581) Fonte: Juliano Mello/Eliane Custódio.</i>	<i>147</i>
<i>Figura 128 - Amplificador p/ Célula de Carga do Dactilodinamômetro.</i>	<i>148</i>
<i>Figura 129 - Tensão de alimentação da célula de carga (Vcel)= 9,993 V).</i>	<i>149</i>

<i>Figura 130 – Porta-Filme com base e filme instalado (~830 g).</i>	149
<i>Figura 131 - Tensão no Braço A da célula em relação a massa (V_{cel}=10V).</i>	149
<i>Figura 132 - Tensão no Braço B da célula em relação à massa.</i>	149
<i>Figura 133 – Aferição do Dactilodinamômetro (1,0328 V para 1,0 kg).</i>	150
<i>Figura 134 - Aferição do Dactilodinamômetro (2,0604 V para 2,0 kg).</i>	150
<i>Figura 135 Temporizador CI 555 Monoestável. Fonte:(https://electronicsclub.info/555monostable.htm).</i>	152
<i>Figura 136 – Temporizador 555 com disparo capacitivo. (Fonte: Autoria própria).</i>	152
<i>Figura 137 - Display do temporizador com botões de programação do tempo</i>	153
<i>Figura 138 – Microcontrolador COP8S com gerador de clock estabilizado com cristal</i>	154
<i>Figura 139 – Circuito Display do Temporizador. Fonte: Luiz A. Rebello.</i>	154
<i>Figura 140 – Conversor saída serial p/ paralela. Fonte: Luiz A. Rebello.</i>	154
<i>Figura 141 – Tela do Osciloscópio Hantek/Analisador Lógico. (Fonte: Autoria própria).</i>	155
<i>Figura 142 – Recorte de tela exibindo o tempo entre o intervalo marcado pelos cursores (Fonte: Autoria própria).</i>	155
<i>Figura 143 – Film Scanner EC717. Fonte: Luiz A. F. dos Santos.</i>	156
<i>Figura 144 - Kirliangrafia digitalizada com o FilmScanner a partir do negativo revelado.</i>	157
<i>Figura 145 – Dedos Phantom confeccionados para esta pesquisa. Fonte: Luiz A. F. dos Santos.</i>	158
<i>Figura 146 – Dedo Phantom de Silicone. Fonte: autoria própria/ Luiz A. F. dos Santos.</i>	158
<i>Figura 147 – Medição da resistência elétrica do Dedo Phantom.</i>	159
<i>Figura 148 – Wilson Picler (autor) ao lado dos equipamentos desenvolvidos e Instrumentos de bancada, no laboratório de ensino de eletrônica do Centro Universitário internacional Uninter, em Curitiba – PR. Foto: Rodrigo Leal em 17/01/2019.</i>	160
<i>Figura 149 - Monocromador ORIEL 77250 com Válvula Fotomultiplicadora acoplada. Fonte: Newport.</i>	161
<i>Figura 150 – Espectrômetro kirliangráfico fotomultiplicador. F.</i>	162
<i>Figura 151 - Válvula fotomultiplicadora 77360. Fonte: Newport.</i>	163
<i>Figura 152 – Curvas Espectrais das válvulas Fotomultiplicadoras Oriel. Fonte: Newport.</i>	163
<i>Figura 153 – Monocromador Oriel 77250. Fonte: Newport.</i>	164
<i>Figura 154 – Espectros Obtidos com o espectrofotômetro Kirliangráfico. Fonte: Autoria própria (1994).</i>	165
<i>Figura 155 – Espectros do Corona no ar. Fonte: (Costa, 1976).</i>	166
<i>Figura 156 – Espectro do Corona no ar na faixa visível. Fonte: (Costa, 1976).</i>	167
<i>Figura 157 - Espectro do Corona no ar na faixa do vermelho e infravermelho. Fonte: (Costa, 1976).</i>	167
<i>Figura 158 - Espectro do Corona no ar à pressão atmosférica. Fonte: (Tao Shao, 2011).</i>	167
<i>Figura 159 - Espectro do Corona Kirliangráfico Obtido com o Espectrofotômetro Kirliônico x sensibilidade do filme Pancromático. Fonte: autoria própria.</i>	168
<i>Figura 160 – Formação de bolsas embaixo do filme. Fonte: Autoria própria.</i>	170

<i>Figura 161 - Visão ampliada das bolsas embaixo do filme. Fonte: Autoria própria.</i>	170
<i>Figura 162 – Sentido da sensibilização do filme. Fonte: Autoria própria.</i>	172
<i>Figura 163 - Lâmina filetada. Fonte: Autoria própria.</i>	173
<i>Figura 164 - Visão em corte da lâmina filetada, inserida embaixo do filme. Fonte: Autoria própria.</i>	173
<i>Figura 165 – Dedo Phantom Aterrado com resistor de 10 MΩ.</i>	174
<i>Figura 166 – Representação da lâmina filetada coincidente com as faixas. Fonte: autoria própria.</i>	174
<i>Figura 167 - Lâmina sulcada – PVC – espessura de 3 mm, Aprox. 7,0 cm x 7,0 cm. Fonte: autoria própria/Luiz Antonio Ferreira dos Santos.</i>	175
<i>Figura 168 – Corte transversal da lâmina sulcada. Fonte: autoria própria.</i>	175
<i>Figura 169 – Lâmina Sulcada Inserida. Fonte: autoria própria.</i>	175
<i>Figura 170 – Sentido contrário de sensibilização do filme. Fonte: autoria própria.</i>	177
<i>Figura 171 – Lâmina Filetada de 0, 5 mm de espessura.</i>	178
<i>Figura 172 –Lâmina Filetada inserida embaixo do filme fotográfico</i>	178
<i>Figura 173 - Representação da região que o dedo pressiona o filme contra a placa.</i>	182
<i>Figura 174 – Porta Filme Kirliangráfico com o filme colocado. Fonte: autoria própria.</i>	183
<i>Figura 175 - Porta Filme Kirliangráfico com o filme e o dedo posicionado. Fonte: autoria própria.</i>	183
<i>Figura 176 – Vista explodida do conjunto Base + Quadro Compressor. Fonte: autoria própria.</i>	184
<i>Figura 177 – Quadro compressor montado. Fonte: autoria própria.</i>	185
<i>Figura 178 - Quadro compressor e parafusos de Poliacetal. Fonte: autoria própria.</i>	185
<i>Figura 179 – Foto do quadro compressor montado com o dedo posicionado. Fonte: autoria própria.</i>	186
<i>Figura 180 – Ação da camada de filtro UV/Azul interno do filme. Fonte: autoria própria.</i>	188
<i>Figura 181 - explicação para o surgimento das Cores magenta/lilás/rosa. Fonte: autoria própria.</i>	189
<i>Figura 182 - Espectrofotometria do Corona Kirliangráfico. Fonte: autoria própria.</i>	190
<i>Figura 183 – Publicação e apresentação pessoal em inglês, na Inglaterra, em 1990.</i>	202
<i>Figura 184 – Publicação e apresentação pessoal em inglês, no Congresso Internacional</i>	203
<i>Figura 185 – Certificado de participação no Congresso Internacional</i>	204
<i>Figura 186 – Publicação de abstract no Congresso Kirlian 2000, Finlândia – 1996.</i>	205
<i>Figura 187 – Kirlianrack. Fonte: autoria própria.</i>	215
<i>Figura 188 – Premiação no Congresso de Parapsicologia e Psicotrônica de Belém, Pará, em 1987. Fonte: Certificado da organização do evento.</i>	216

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 – Características do poliacetal. Fonte: (DENKENTECH, 2018).....</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 2 – Rigidez dielétrica de diversos materiais. Fontes: (Shimidt, 1979) complementada pelo autor.</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 3 – Composição da troposfera. Fonte: (UCSB - Physics, 2019).....</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 4 – Constantes da equação barométrica. Fonte: math24.net.</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 5 – Resultado de cálculo com a equação barométrica. Fonte: autoria própria.</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 6 – Aproximações de parâmetros atmosféricos. Fonte: autoria própria.</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 7 – Pressão atmosférica x altitude calculada. Fonte: autoria própria.</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 8 – Densidade absoluta da água e do mercúrio. Fonte: (The Physics Hypertextbook).</i>	<i>63</i>
<i>Tabela 9 – Tabela de conversão de unidades de pressão. Fonte: (Wikimedia Commons, 2019).</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 10 - Massa de vapor de água em 1 m³ de ar saturado (UR=100%). (Silveira, 2018).</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 11 - Bobinas de ignição modernas. Fonte: (BWD, 2019).</i>	<i>73</i>
<i>Tabela 12 – Tabela periódica dos elementos químicos - Grupo 7A, halogênios.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabela 13 – Tabela ISO/DIN - Fonte: mnemo.</i>	<i>101</i>
<i>Tabela 14 – Classificação de sensibilidades de filmes fotográficos. Fonte: Mnemo.</i>	<i>101</i>
<i>Tabela 15 – Ensaio de regulação do regulador da Figura 79. Fonte: autoria própria.</i>	<i>109</i>
<i>Tabela 16 – Ensaio de regulação do circuito da Figura 81. Fonte: autoria própria.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabela 17 – Limites mínimos de afastamento de objetos próximos às esferas. Fonte: IEC60052.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabela 18 – Rigidez dielétrica do ar para esferas de 2,0 cm de diâmetro. Fonte: autoria própria.</i>	<i>122</i>
<i>Tabela 19 – kV x d(cm) e rigidez dielétrica E/d para pontas.</i>	<i>122</i>
<i>Tabela 20 - Atmosfera padrão considerada na IEC 60052/2002.....</i>	<i>123</i>
<i>Tabela 21 – E (kV) x d (cm) de referência (verde) e calculado (azul). Fonte: autoria própria.</i>	<i>124</i>
<i>Tabela 22 - Especificações do MHB-382SD. Fonte: impac.com.br.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabela 23 - Medição de AT – Tabela de entrada de dados. Fonte: autoria própria.</i>	<i>128</i>
<i>Tabela 24 - Medição de AT – Tabela de cálculos de correções atmosféricas. Fonte: autoria própria.....</i>	<i>128</i>
<i>Tabela 25 - Cálculo do erro-adrão relativo médio. Fonte: autoria própria.....</i>	<i>129</i>
<i>Tabela 26 – Cálculo das fontes de incertezas Fonte: autoria própria.....</i>	<i>129</i>

<i>Tabela 27 – Fator de abrangência para um intervalo de confiança de 95,45% (K95,45%).</i>	130
<i>Tabela 28 – Incerteza expandida para intervalo de confiança de 95,45% Fonte: própria.</i>	130
<i>Tabela 29 - Medição da MAT com a ponta divisora e osciloscópio Tektronix. Fonte: autoria própria.</i>	133
<i>Tabela 30 – Tabela de alguns resistores Caddock para alta tensão. Fonte: Caddock.</i>	135
<i>Tabela 31 – Aferição do voltímetro de MAT do painel da unidade controladora. Fonte: autoria própria/Medidas por Luiz Antonio Ferreira dos Santos</i>	136
<i>Tabela 32 - Medição de Correntes no LH007 c/ BC327 conectado à Célula de Carga.</i>	147
<i>Tabela 33 – Aferição do temporizador da Máquina Kirlian. Fonte: Autoria própria.</i>	155
<i>Tabela 34 – Filmes pancromáticos atuais (2019). Fonte: autoria própria.</i>	156
<i>Tabela 35 – Resultados da lâmina sulcada. Fonte: autoria própria.</i>	176
<i>Tabela 36 – Kirliangrafias resultantes do emprego da lâmina Filetada com Dedo Phantom.</i>	179
<i>Tabela 37 - Influência das condições atmosféricas nas medidas c/ espinterômetro. Fonte: autoria própria.</i>	206
<i>Tabela 38 – 1ª sequência de medidas com diferentes valores de descarga capacitiva. Fonte: autoria própria.</i> ..	207
<i>Tabela 39 – 2ª sequência de medidas com diferentes valores de descarga capacitiva. Fonte: autoria própria.</i> ..	208
<i>Tabela 40 – 3ª sequência de medidas com diferentes valores de descarga capacitiva. Fonte: autoria própria.</i> ..	209
<i>Tabela 41 – 4ª sequência de medidas com diferentes valores de descarga capacitiva. Fonte: autoria própria.</i> ..	209
<i>Tabela 42 – 5ª sequência de medidas com diferentes valores de descarga capacitiva. Fonte: autoria própria.</i> ..	210
<i>Tabela 43 – Cálculos do erro-padrão. Fonte: autoria própria.</i>	213
<i>Tabela 44 - Cálculos do erro-padrão (continuidade)</i>	214

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E TERMOS

- AgBr
Brometo de Prata, 83
- AgCl
Cloreto de Prata, 83
- AgFl
Fluoreto de Prata, 83
- Agl
Iodeto de Prata, 83
- ASA
Antigo American Standards Association, atual ANSI
(Instituto Nacional Americano de Padrões), 36
- Bioeletrografia
nome atual para Kirliangrafia, 23
- BJT*
Bipolar Junction Transistor (transistor de junção bipolar), 69
- CCD
(Charge-Coupled Device) Dispositivo de Carga
Acoplada é um sensor semicondutor para captação de imagens formado por um circuito integrado que contém uma matriz de capacitores acoplados, 34
- CÉLULAS DE CARGA
dispositivos destinados à transdução de esforço mecânico (stress ou deformação) em sinal elétrico. De modo geral, as Células de Cargas utilizam uma base onde são aplicados Strain Gauges (extensômetros) em regiões mais susceptíveis à deformação quando submetidas à ação de uma força mecânica, 140
- CI
Circuito Integrado, 151
- Cianocrilato
nome científico para as populares colas Super-Bond, Cola 3 da Loctite, entre outras marcas, 140
- CMOS
Complementary Metal Oxide Semiconductor, 151
- CORONA
Coroa Luminosa em torno de objetos energizados com Alta Tensão, 23
- Dielétrico
Material Eletricamente Isolante, 50
- espectrofotometria de emissão
análise do espectro da radiação emitida por uma fonte, 168
- Espinterômetro
Espinterômetro é um instrumento utilizado para medir as tensões de ruptura ou força dielétrica de um material sob teste, por meio do faiscamento entre duas esferas (campo elétrico homogêneo) ou duas pontas (campo elétrico heterogêneo), 117
- Extensômetros
mesmo que Strain Gauge, 140
- Fenolite
é um plástico industrial duro e denso fabricado sob processo de alta pressão e por aplicação de calor, conhecido popularmente por laminado termorrígido, 51
- Flip-Flop
memória de um bit que muda de estado quando pulsado, 151
- Fly-Back
Tipo de Chaveamento de indutor por Transistor e também Transformador de MAT de televisores de Tubo de Raios Catódicos, 32
- FR
Frequência de Repetição, 76
- FR-2
Flame Resistant 2 – Resistente a chamas de categoria 2 (105 °C), 51
- GDV
Gas Discharge Visualization, 29
- Haleto de Prata
mesmo que Halogeneto de Prata, 83
- Halogeneto de Prata
é um dos principais compostos derivados da reação química entre a prata e os halogênios. Sua importância se dá por ser uma substância fotossensível, ou seja, que muda suas características visuais com a incidência da Luz visível, constituindo o principal elemento dos Filmes Fotográficos, 83
- Hantek
marca de instrumentos de medida, 155
- HF
High Frequency - 3MHz a 30MHz, 45
- IEC

- International Electrotechnical Commission (Comissão Internacional de Eletrotécnica), 119
- Kirlian
sobrenome (Semyon Davidovich Kirlian), 23
- Kirliangrafia
Fotografia Kirlian, 23
- kV
quilovolt (1kV=1000 V), 23
- MAT, 23
Muito Alta Tensão, 23
- MOSFET
Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor (Transistor de Óxido Metálico de efeito de Campo), 69
- OTP
One time Programmable, 153
- PLASMA
Um plasma é um estado distinto de matéria contendo um número significativo de partículas eletricamente carregadas (Gás Altamente Ionizado), 48
- Poliacetal
é um material plástico de alta dureza e estabilidade mecânica, muito bom para usinagem (tornearia), é empregado no lugar do latão e bronze, onde se deseja uma peça mais leve, resistente e com bom acabamento e, sobretudo, alta isolamento elétrica (50 kV/mm), 52
- Psicrometria
Psicrometria é definida como “o ramo da física relacionado com a medida ou determinação das condições do ar atmosférico, particularmente com respeito à mistura ar seco – vapor d’água”, ou ainda, “aquela parte da ciência que está de certa forma intimamente preocupada com as propriedades termodinâmicas do ar úmido, dando atenção especial às necessidades ambientais, humanas e tecnológicas, 56
- PVC
(Policloreto de Polivinila) é um termoplástico obtido através de sucessivos processos de polimerização do etileno (derivado do petróleo) (43%) com átomos de cloro (57%), 52
- PWM
Pulse Width Modulation, 153
- SCR
Silicon Controlled Rectifier (Retificador Controlado de Silício), 32
- Strain Gages*
mesmo que Strain Gauge, 140
- Strain Gauges*
são sensores de esforço mecânico ou deformação, que basicamente consistem em resistores com micro-filamentos, que, quando submetidos a tração ou compressão, estes filamentos se afinam ou engrossam sensivelmente e produzem uma micro alteração no valor de sua resistência elétrica., 140
- tablets
tablete, 84
- TO-92
encapsulamento em epoxi, do tipo do transistor BC548, 110
- TROPOSFERA
é a camada da atmosfera em que se encontra 75% da massa da atmosfera abrange uma altitude de aproximadamente 16 km sobre a linha do equador e de 8 a 11 km sobre os polos, 57
- TTL
Transistor-Transistor Logic, 151
- Uc
Incerteza Combinada, 130
- ultravioleta
espectro de radiação que vai além da cor violeta (380nm) e antes do raio x longo (1nm), 41
- USat
Umidade Absoluta de Saturação, 65
- UVPROM
Ultra Violet Programmable Read Only Memory, 153
- Veff
Número Efetivo de Graus de Liberdade, 130
- Yin-Yang
conceito da filosofia chinesa que preconiza a natureza dual das coisas, 181

1 Sumário

1	<u>INTRODUÇÃO</u>	<u>23</u>
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO.....	25
1.2	O PROBLEMA CENTRAL.....	26
1.2	OBJETIVO GERAL.....	26
1.2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
2	<u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	<u>28</u>
2.1	PADRÕES KIRLIANGRÁFICOS COMERCIAIS.....	32
2.1.1	PADRÃO DE PETER MANDEL.....	33
2.1.2	PADRÃO DO PROF. DR. KONSTANTIN KOROTKOV.....	34
2.1.4	PADRÃO NEWTON MILHOMENS.....	36
2.1.5	PADRÕES CROMÁTICOS.....	38
3	<u>FUNDAMENTOS DE FOTOGRAFIA KIRLIAN.....</u>	<u>41</u>
3.1	O EFEITO CORONA.....	41
3.1.1	IONIZAÇÃO PRIMÁRIA.....	42
3.1.2	AVALANCHE DE TOWNSEND.....	42
3.1.4	REGIME DE DESCARGAS ELÉTRICAS.....	47
3.1.5	PLASMA.....	48
3.1.6	CORONA X PLASMA.....	49
3.2	RIGIDEZ DIELETRICA DOS MATERIAIS.....	50
3.2.1	FENOLITE.....	51
3.2.2	PVC (POLICLORETO DE POLIVINILA).....	52
3.2.3	POLIACETAL.....	52
3.2.4	TABELA DE RIGIDEZ DIELETRICA DE DIVERSOS MATERIAIS.....	54
3.2.5	RUPTURA DIELETRICA DOS GASES.....	55
3.3	PSICROMETRIA.....	56
3.3.1	COMPOSIÇÃO DA TROPOSFERA.....	57
3.3.2	DESCARGAS ELÉTRICAS NA ATMOSFERA.....	58
3.3.3	PRESSÃO ATMOSFÉRICA.....	59
3.3.4	EQUAÇÃO BAROMÉTRICA.....	60
3.3.5	TABELA DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA X ALTITUDE.....	61
3.3.6	A ESCALA DE MILÍMETRO DE MERCÚRIO.....	63
3.3.7	TABELA DE CONVERSÃO DE UNIDADES DE PRESSÃO.....	64
3.3.8	UMIDADE ABSOLUTA.....	64
3.3.9	UMIDADE ABSOLUTA MÁXIMA DO AR x T.....	67

3.3.10	VARIAÇÕES PSICROMÉTRICAS	68
3.4	GERADORES DE MUITO ALTA TENSÃO (MAT)	69
3.4.1	INDUÇÃO DE ALTA TENSÃO	69
3.4.2	TIPOS DE TRANSFORMADORES ELEVADORES	72
3.4.3	FERRITE DO TIPO FLY-BACK DE TELEVISORES CRT	72
3.4.4	BOBINAS DE IGNIÇÃO AUTOMOBILÍTIAS	72
3.4.5	BOBINA DE IGNIÇÃO TRADICIONAL	73
3.4.6	BOBINA DE IGNIÇÃO DO TIPO CANETA	74
3.4.7	BOBINA DE TESLA.....	75
3.4.8	DISPOSITIVOS DE CHAVEAMENTO	75
3.4.9	CIRCUITOS DE DESCARGA CAPACITIVA C/ SCR.....	76
3.4.10	ANÁLISE DE UM CIRCUITO DE DESCARGA CAPACITIVA.....	76
3.4.11	CIRCUITO DE CHAVEAMENTO DA BOBINA.....	79
3.4.12	CIRCUITO DE DESCARGA CAPACITIVO PRÁTICO.....	80
3.5	FILMES FOTOGRÁFICOS	82
3.5.1	FOTOQUÍMICA DOS SAIS DE PRATA	83
3.5.3	IMAGEM LATENTE	84
3.5.4	PELÍCULA FOTOGRÁFICA.....	85
3.6	SENSIBILIDADE ESPECTRAL	86
3.6.1	REVELAÇÃO.....	88
3.6.2	INTERRUPÇÃO DA REVELAÇÃO	88
3.6.3	FIXAÇÃO.....	89
3.6.4	LAVAGEM.....	89
3.6.5	SECAGEM.....	89
3.6.6	FORMATOS	89
3.6.8	FORMAÇÃO DAS CORES	91
3.6.9	PADRÃO RGB	91
3.6.10	PADRÃO CMYK.....	91
3.6.11	SISTEMA DIGITAL DE CORES.....	92
3.6.12	COMPOSIÇÃO DO FILME FOTOGRÁFICO COLORIDO.....	93
3.6.13	FORMAÇÃO DE IMAGEM NEGATIVA.....	95
3.6.14	SENSIBILIDADE ESPECTRAL DOS FILMES FOTOGRÁFICOS	97
3.6.1	FILMES NEGATIVOS COLORIDOS ATUAIS	98
3.6.2	SENSIBILIDADE/VELOCIDADE DOS FILMES.....	99
3.6.3	TABELA DE EQUIVALÊNCIA ISO/ASA/DIN	101

4 MATERIAIS E MÉTODOS..... 102

4.1	VARIÁVEIS CONSIDERADAS.....	102
-----	-----------------------------	-----

4.1.1	FLUTUAÇÃO DA ALTA TENSÃO GERADA	102
4.1.2	FLUTUAÇÕES DO TEMPO DE EXPOSIÇÃO	103
4.1.3	INDEPENDÊNCIA DOS PARÂMETROS AJUSTÁVEIS	103
4.1.4	CONTROLE DO DESLOCAMENTO DO FILME	103
4.1.5	FORÇA QUE O DEDO EXERCE SOBRE O FILME	103
4.1.6	BOLSAS DE AR EMBAIXO DO FILME	104
4.2	EQUIPAMENTOS DESENVOLVIDOS	104
4.2.1	UNIDADE CONTROLADORA	105
4.2.2	PORTA-FILMES	106
4.2.3	FONTE ESTABILIZADA AJUSTÁVEL	107
4.2.4	REGULADOR AT	108
4.2.5	ENSAIO DA FONTE DE AT	109
4.2.6	REGULADOR AT INTEGRADO (MAIS EFICIENTE)	110
4.2.7	MEDIDOR DIGITAL DE PAINEL	111
4.2.8	GERADOR DE MAT COM SG3525/2MOSFETS	112
4.2.10	DIAGRAMA DO GERADOR MAT COM SG3525/2MOSFET	116
4.3	AFERIÇÃO DO GERADOR DE MAT	117
4.3.1	MEDIÇÃO DE IMPULSOS DE ALTA TENSÃO	117
4.3.2	ESPINTERÔMETRO	117
4.3.3	CONSTRUÇÃO DE UM ESPINTERÔMETRO	118
4.3.4	NORMA IEC 60052	119
4.3.5	NOVO MODELO DE ESPINTERÔMETRO DE ESFERAS	121
4.3.6	MEDIÇÃO DE ALTA TENSÃO POR FAISCAMENTO ENTRE PONTAS	122
4.3.7	FATOR DE CORREÇÃO DA DENSIDADE DO AR	123
4.3.8	FATOR DE CORREÇÃO DE UMIDADE DO AR	123
4.3.9	INTERPOLAÇÃO DOS DADOS DA IEC 60052	124
4.3.10	EQUAÇÃO POLINOMIAL	124
4.3.11	QUADRO RESUMO E (kV) X D (CM)	125
4.3.12	INSTRUMENTO PARA AS MEDIDAS PSICROMÉTRICAS	126
4.3.13	EXEMPLO DE CORREÇÃO ATMOSFÉRICA	127
4.3.14	AFERIÇÃO DO VOLTÍMETRO DE MAT	128
4.3.15	ERRO-PADRÃO MÉDIO RELATIVO	129
4.3.16	INCERTEZA COMBINADA	130
4.3.17	NÚMERO EFETIVO DE GRAUS DE LIBERDADE	130
4.3.18	INTERVALO DE CONFIANÇA	130
4.3.19	EXPRESSÃO DO VALOR COM A INCERTEZA EXPANDIDA AFERIDA	130
4.3.1	PONTA DIVISORA PARA MEDIÇÃO DE ALTA TENSÃO	131
4.3.2	RESISTORES NÃO INDUTIVOS PARA ALTA TENSÃO	134

4.3.3	CADDOCK SÉRIE MG.....	134
4.3.4	DIVISOR RESISTIVO DE 1/1000 COM RESISTOR CADDOCK	136
4.3.5	FOTOCONTROLADOR KIRLIANGRÁFICO.....	137
4.3.6	ESPAÇAMENTO PADRÃO	137
4.3.8	DETECTOR DE JANELA.....	138
4.3.9	DATILODINAMÔMETRO.....	139
4.3.11	CÉLULAS DE CARGA.....	140
4.3.13	CÉLULAS DE CARGA COMERCIAIS	141
4.3.14	PONTE DE WHEATSTONE.....	142
4.3.15	AMPLIFICADOR DIFERENCIAL DE INSTRUMENTAÇÃO	144
4.3.16	CÁLCULOS DE GANHOS DO AMPLIFICADOR.....	145
4.3.17	FONTE DE REFERÊNCIA PARA A CÉLULA DE CARGA.....	146
4.3.18	AMPLIFICADOR P/ A CÉLULA DE CARGA.....	148
4.3.19	AFERIÇÃO DO DACTILODINAMÔMETRO.....	149
4.3.20	TEMPORIZADOR	151
4.3.21	TEMPORIZADOR COM MULTIVIBRADOR MONOESTÁVEL	151
4.3.22	TEMPORIZADOR PROGRAMÁVEL	153
4.3.23	AFERIÇÃO DO TEMPORIZADOR.....	155
4.3.24	FILMES NEGATIVOS COLORIDOS A SEREM UTILIZADOS.....	156
4.3.25	FILM SCANNER.....	156
4.3.26	DEDOS PHANTOM.....	158

5 EXPERIMENTOS 160

5.1	ESPECTROSCOPIA DE EMISSÃO DO CORONA KIRLIÔNICO	161
5.1.1	ESPECTROFOTÔMETRO KIRLIÔNICO.....	162
5.1.2	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA FOTOMULTIPLICADORA.....	163
5.1.3	O MONOCROMADOR	164
5.1.4	RESULTADO DO ESPECTRO DO CORONA KIRLIÔNICO	165
5.1.5	COMPARAÇÃO COM RESULTADOS DE OUTROS PESQUISADORES.....	166
5.2	KIRLIANGRAFIAS COM ABERRAÇÕES CROMÁTICAS.....	168
5.2.1	HIPÓTESE DE SENSIBILIZAÇÃO INVERSA DO FILME	170
5.2.2	SÍNTESE DA HIPÓTESE DA SENSIBILIZAÇÃO CONTRÁRIA DO FILME	172
5.2.3	EXPERIMENTO PARA TESTAR A HIPÓTESE	173
5.2.4	RESULTADO DO EXPERIMENTO COM A LÂMINA FILETADA	174
5.3	LÂMINA SULCADA.....	175
5.3.1	RESULTADOS COM LÂMINA SULCADA.....	176
5.3.2	HIPÓTESE DE FORMAÇÃO DO AMARELO	177
5.3.3	EXPERIMENTO PARA TESTAR A HIPÓTESE DO AMARELO.....	178

5.3.4	RESULTADO DO EXPERIMENTO TESTE DE HIPÓTESE	179
5.4	ANÁLISE.....	180
5.5	DESMISTIFICANDO O DIAGNÓSTICO YIN-YANG.....	181
5.6	ELIMINAÇÃO DOS ARTEFATOS DE COR	184
5.6.1	EXPLICAÇÃO PARA A KIRLIANGRAFIA AZUL.....	188
5.6.2	EXPLICAÇÃO PARA AS CORES MAGENTA/LILÁS/ROSA.....	189
6	<u>CONCLUSÕES.....</u>	190
7	<u>INDICAÇÕES PARA A CONTINUIDADE DESTA PESQUISA.....</u>	193
A)	APROVAR NO COMITÊ DE ÉTICA PROJETO PARA INVESTIGAR COM PACIENTES.....	193
B)	MAPEAR OS PADRÕES DE FORÇA COM O DACTILODINAMÔMETRO COM DEDOS HUMANOS.....	193
C)	INVESTIGAR OUTROS TIPOS DE FILMES.....	193
D)	IDENTIFICAR UM NOVO PADRÃO KIRLIANGÁFICO ADEQUADO ÀS INVESTIGAÇÕES.....	193
E)	INVESTIGAR COM DEDOS HUMANOS.	193
F)	INVESTIGAR A TÉCNICA GDV COM SENSORES CCDs E CMOS	193
G)	DESENVOLVER UM ESPECTROFOTÔMETRO KIRLIÔNICO COM CCD ARRAY	193
H)	COMPARAR FILMES FOTOGRÁFICOS COM OS DIFERENTES SENSORES DE IMAGEM	193
I)	INVESTIGAR AS TÉCNICAS COMERCIAIS VIGENTES.....	193
J)	DESENVOLVER UM APLICATIVO PARA ANÁLISE DAS BIOELETROGRAFIAS	193
K)	DESENVOLVER DE UM NOVO EQUIPAMENTO PARA KIRLIANGRAFIA (BIOELETROGRAFIA) USB	193
8	<u>BIBLIOGRAFIA.....</u>	194
9	<u>ANEXOS.....</u>	201
9.1	PUBLICAÇÕES DESTA PESQUISA.....	202
9.2	TABELAS DE ENSAIOS COM O ESPINTERÔMETRO	206
9.2.1	ESPINTERÔMETRO: CÁLCULOS DO ERRO PADRÃO	213
9.3	KIRLIANRACK.....	215

FOTOGRAFIA KIRLIAN (BIOELETROGRAFIA)

Uma Abordagem Crítica e Desmistificada dos Padrões Cromáticos

1 INTRODUÇÃO

A fotografia Kirlian, kirliangrafia ou bioeletrografia, consiste, basicamente, no registro do efeito luminoso (CORONA), em plantas, animais e seres humanos, devido à aplicação de alta tensão (Figura 1). O referido efeito deve-se ao fenômeno de ionização do ar e de uma suposta estrutura plasmática de natureza biológica que envolveria os seres vivos, cuja existência ainda é hipotética e que seria responsável pelo **EFEITO KIRLIAN**.

Entende-se por **Efeito Kirlian** as variações na forma e cor do plasma gerado pela alta tensão, popularmente conhecidas por Efeito CORONA, e que serviria como base para diversos diagnósticos, desde estados mentais, passando por bioenergéticos, até estados patológicos diversos, inclusive, diagnósticos de neoplasias malignas.

A técnica consiste na aplicação de impulsos de *muito alta tensão* (MAT), da ordem de 5 kV a 30kV, em uma placa metálica na qual se assenta uma lâmina isolante, normalmente de fenolite, acrílico ou vidro, sobre a qual posiciona-se película fotográfica com a face sensível para o lado do objeto a ser fotografado, que é posicionado, diretamente, sobre a face desse filme fotográfico (Suba, 1977). Todo o conjunto fica envolvido em uma câmara escura para proteger o filme. Para criar a foto, posiciona-se o objeto (folha vegetal ou dedo) sobre o filme (Figura 2). No caso do dedo de uma pessoa, ocorre um aterramento capacitivo devido à grande massa do corpo, que é condutivo. No caso de uma folha de planta, deve-se colocar um eletrodo de aterramento a ela conectado.

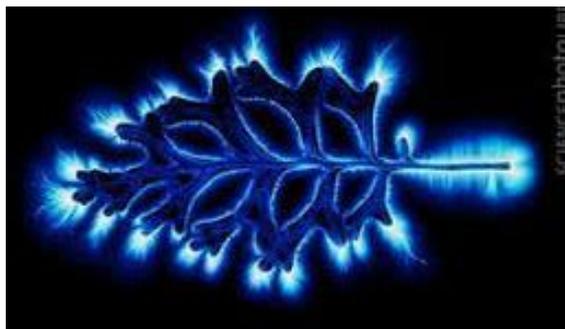


Figura 1 – Kirliangrafia de uma folha vegetal. Fonte: Pinterest.com.

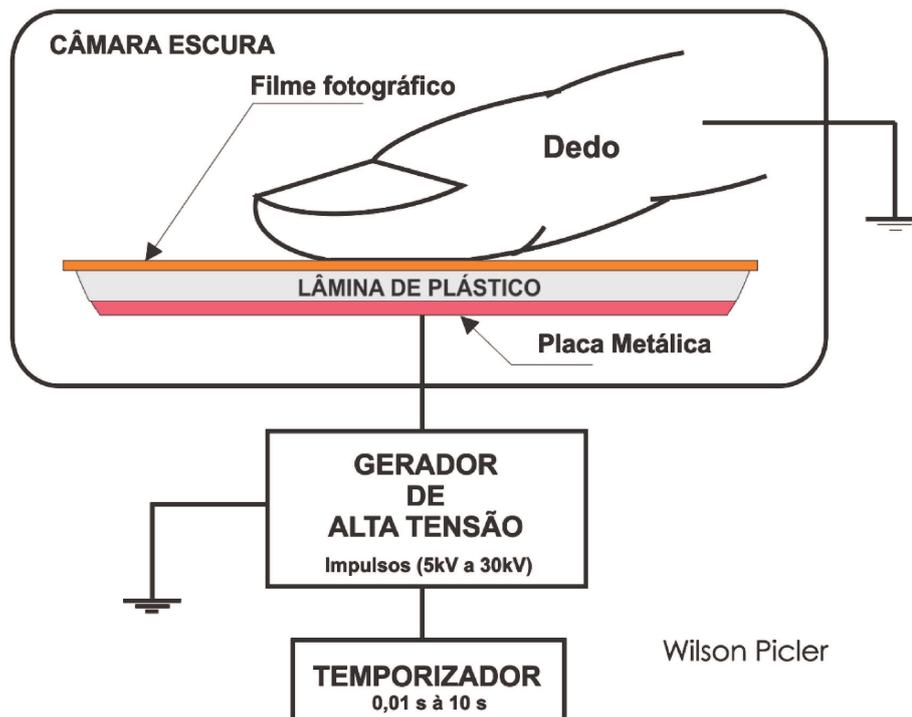


Figura 2 - Esquema básico da fotografia Kirlian. Fonte: autoria própria.

Ao disparar o gerador por tempos que variam de 0,1s a 10s, forma-se um halo luminoso, CORONA, em torno do eletrodo – geralmente, o dedo de uma pessoa. O filme fotográfico é sensibilizado e registra o halo luminoso do CORONA. O resultado dessa fotografia é exibido na Kirliangrafia KG 1.

Doravante a legenda KG será utilizada para designar kirliangrafia.



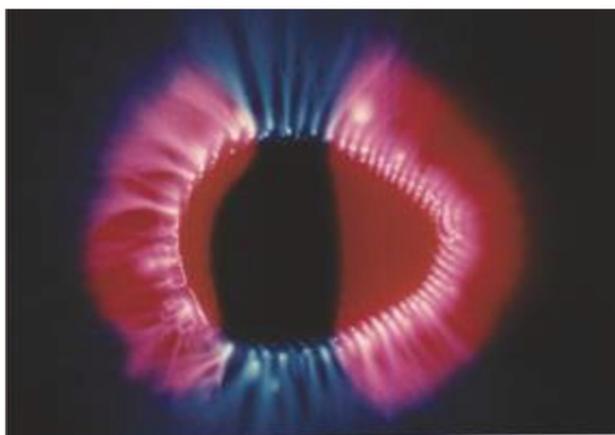
KG 1 - Kirliangrafia de um dedo humano. Fonte: (Picler, Technical Advances in Kirliangraphy, 1990).

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

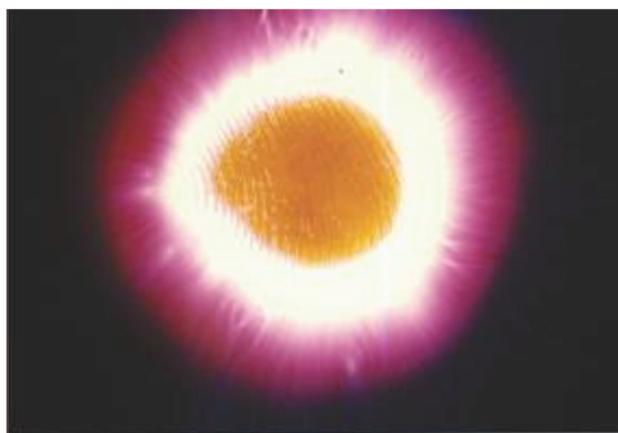
O registro fotográfico e a posterior análise dessas fotografias vêm sendo feitos por inúmeros pesquisadores, no intuito de detectar padrões relacionados às atividades psíquicas e biológicas, assim como verificar suas aplicações nos diagnósticos de estados patológicos.

Atualmente, depara-se com um volume considerável de trabalhos nesse sentido, realizados em vários países, no entanto, no Brasil, verificamos deficiências tecnológicas graves para o desenvolvimento das pesquisas com KIRLIANGRAFIA, comprometendo, seriamente, os resultados obtidos, gerando graves equívocos, inclusive, com casos que sugerem má fé.

Alguns padrões de equipamentos comerciais resultam em Kirliangrafias multicoloridas, com manchas de cor vermelha, lilás, rosa e até amarelas, que servem de base para diagnósticos clínicos diversos, conforme KG 2 e KG 3



KG 2 - Kirliangrafias obtidas com o equipamento Padrão N. Milhomens. Fonte: (Picler, Technical Advances in Kirliangraphy, 1990).



KG 3 - Kirliangrafias obtidas com o equipamento Padrão N. Milhomens. Fonte: (Picler, Technical Advances in Kirliangraphy, 1990).

1.2 O PROBLEMA CENTRAL

O problema central da pesquisa se resume no seguinte questionamento:

É possível diagnosticar algum tipo de patologia por meio das cores no padrão oficial brasileiro aprovado pela IUMAB?

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa é estruturado nas seguintes etapas:

- a) **avaliar se é possível diagnosticar algum tipo de patologia por meio das cores no padrão oficial brasileiro, aprovado pela IUMAB;**
- b) **verificar se as cores apresentadas nas KG2 e KG3 estão relacionadas ao paciente, ou são falhas técnica dos equipamentos;**
- c) **averiguar quais as causas das possíveis falhas apresentadas;**
- d) **identificar as principais variáveis interferentes no processo;**
- e) **corrigir eventuais falhas na técnicas;**
- f) **mapear novos padrões;**
- g) **propor novas pesquisas.**

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetiva-se, também, com este trabalho, fornecer os fundamentos científicos e técnicos necessários para se desenvolver equipamentos mais adequados e precisos para a aplicação em pesquisas com Kirliangrafias. Para tanto, empenhou-se nos seguintes quesitos:

- a) revisão bibliográfica pertinente ao problema;
- b) estudo e entendimento da natureza do fenômeno físico Corona, envolvido na técnica da fotografia Kirlian;
- c) estudo e compreensão do funcionamento dos filmes fotográficos;
- d) estudo e experimentação sobre a característica espectral da radiação luminosa gerada no processo;
- e) estudo e identificação de falhas nos equipamentos comerciais para kirliangrafia;
- f) desenvolvimento de equipamentos aplicados ao controle das variáveis interferentes no processo;
- g) aplicação de técnicas adequadas para medição de impulsos de alta tensão para a calibração dos equipamentos;
- h) aplicação de técnicas adequadas para aferição do temporizador do gerador de MAT.
- i) aplicação dos equipamentos desenvolvidos na execução de uma sequência de experiências estratégicas que proporcionem melhor compreensão sobre a formação de cores nas kirliangrafias, que muitos autores e terapeutas, praticantes dessa técnica, alegam ser relacionados aos estados psíquicos e de saúde de seus pacientes.
- j) correção de eventuais defeitos na técnica;
- k) mapeamento de padrões kirliangráficos que possam consubstanciar delineamentos de novos experimentos e fundamentar novas pesquisas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A fotografia do Corona vem sendo praticada há séculos e recebeu a dedicação de pesquisadores famosos, como o matemático e filósofo alemão Georg Christoph Lichtenberg, em 1777; de Nikola Tesla em seus experimentos com alta tensão; e até do padre jesuíta brasileiro Roberto Landell de Moura, que, em 1904, no Rio Grande do Sul, fez centenas de bioeletrografias, até ser proibido pela Igreja de continuar seus experimentos. Muitos outros pesquisadores envolveram-se com essa fascinante modalidade de fotografia (Nikolay, 2015), sobretudo, pela sua beleza. Em 1939, em Krasnodar, uma pequena cidade da Rússia, Semyon e Valentina Kirlian (Figura 3) iniciaram uma série de experimentações com a bioeletrofotografia que culminou em publicações, em 1959 e 1961, nas quais reportaram que as eletrografias não somente apresentavam mudanças de pessoa para pessoa, como também se alteravam com o estado emocional das pessoas.



Figura 3 – Semyon e Valentina Kirlian. Fonte: (Konstatin Korotkov, 2013).

Começava, dessa forma, uma verdadeira odisséia acerca da ideia da fotografia da aura humana. Desde então, milhares de trabalhos foram publicados relacionando padrões diversos das bioeletrografias com os mais variados aspectos da saúde física e mental do ser humano. Essa jornada foi alimentada não somente pela curiosidade científica – desejo de se descobrir coisas relacionadas à alma ou ao espírito –, mas também pelo instinto inescrupuloso de alguns comerciantes que se

apressaram em organizar um receituário de como utilizar a referida técnica, baseados em padrões de interpretações amadorísticos, equivocados e sem prova científica.

Em 1990, durante a Segunda Conferência Internacional para Bioeletrografia Médica e Aplicada, ocorrido em Londres, o Prof. Dr. Bernard Raymond Grad, da McGill University do Canadá, apresentou um método de análise quantitativa para os estudos bioeletrográficos (Bernard Raymond Grad, 1990), baseado em técnicas computacionais de processamento de imagens no laboratório de computação gráfica visual da McGill University. Foram os primeiros passos para nova era para a fotografia Kirlian. Posteriormente, em 1995, o Prof. Dr. Konstantin Korotkov, de Saint-Petersburg, Rússia (Korotkov K. , *Light after Life*, 1998) introduziu uma forma de captar as imagens do Corona diretamente por meio de câmeras CCD e processá-las com um programa de algoritmo próprio. Denominada visualização de descarga em gases (GDV, em inglês, *Gas Discharge Visualization*), a técnica foi amplamente difundida pelo mundo e constitui o estado da arte da Fotografia Kirlian nos tempos atuais, sob o enfoque de *Electrophotonic Analysis in Medicine* (Ekaterina Yakovleva, 2013) e trademark de *Bio-Well* (Korotkov K. , *Bio-Well*, 2018). Em seu livro *Análise Eletrofotônica de Campos Energéticos em Humanos e na Natureza* (Korotkov K. , 2014), o Prof. Dr. Konstantin Korotkov começa o capítulo *Princípios Gerais de Eletrofotônica* como segue:

Ignorância é a maldição de Deus
Conhecimento a asa com a qual voamos para o céu.
William Shakespere
Henrique VI, IV, 7

A luminosidade de diferentes tipos de objetos em campos eletromagnéticos de alta intensidade foi descoberta há mais de 200 anos e, desde então, tem atraído atenção de diversos pesquisadores (uma revisão da literatura pode ser encontrada nos livros de Korotkov, 1995; 1998. Mas foi apenas com a criação do sistema de Visualização de Descarga em Gases (GDV), em 1995, que a pesquisa dessa luminosidade ganhou status científico. Desde então, os mecanismos físicos que compõem a bioeletrografia foram estudados em detalhe [Korotkov, 2002], foi então criados uma série de dispositivos com programas de computação para aplicações do GDV em medicina, biologia e pesquisa em materiais (Korotkov et al., 2001-2005). Foi demonstrado que a característica da luminosidade da cobertura cutânea de uma pessoa depende principalmente da atividade do sistema nervoso autônomo, com consideração especial do sistema de níveis de adaptação. Muitos resultados de pesquisas tm sido publicados anualmente nos anais dos Congressos de São Petersburgo sobre Bioelectrografia, Informação e Espírito (www.korotkov.org). Em paralelo com o GDV, o termo EPI - Electrophotonic Imaging - também está

sendo usado para denominar esta tecnologia. Os sistemas bioeletrográficos EPI/GDV têm aplicações práticas nas seguintes principais áreas:

MEDICINA

- análise do estado fisiológico da pessoa;
- análise do estado psicológico da pessoa;
- monitorar as reações do corpo durante a terapia;
- avaliar a probabilidade de anormalidades sistêmicas orgânicas;
- a ocorrência de estados alterados de consciência;
- avaliar o risco de alérgenos de acordo com os parâmetros EPI do brilho em amostras de sangue. O sistema GDV é certificado pelo Ministério da Saúde da Federação Russa, como um dispositivo técnico médico. Recentemente, o número de publicações sobre os aspectos médicos com a análise por EPI aumentou.

A revisão de artigos publicados sobre aplicações médicas da tecnologia EPI pode ser encontrada no livro de E. Yakovleva e K. Korotkov, disponível em www.Amazon.com e www.bui-well.eu.

ESPORTE

Avaliar o nível de alerta de desempenho dos atletas [Bundzen et al., 2003, 2005]. Por ordem do Ministério do Esporte da Rússia, um sistema EPI está sendo introduzido na prática de testes de atletas. Nos Jogos Olímpicos e Paralímpicos, os instrumentos de EPI Saoch-2014 foram utilizados no processo de treinamento de equipes esportivas [Drozdovski et.al., 2013,2014].

O EPI Sport System possibilita:

- determinar dinamicamente o potencial psico-fisiológico de um desportista, para controlar eficazmente o nível de reservas funcionais e a qualidade de saúde durante o processo de formação;
- assegurar um diagnóstico rápido da resiliência ao estresse e a qualidade da mobilização de energia psicológica, a fim de prever o sucesso de atividades de desempenho.
- proceder a uma avaliação diferenciada da avaliação psicológica e potencial físico de um grupo de esportistas estudados para seleção e treinamento para fins de ajustes no processo de treinamento.

Pesquisa em fluidos e materiais, incluindo interações humanas com materiais

- clarificar a diferença entre óleos naturais e sintéticos [Korotkov et al., 2004];
- avaliar a qualidade dos cosméticos [Vainshelboim et al., 2005]
- pesquisas com cabelo humano [Vainshelboim et al, 2004];
- pesquisas com remédios homeopáticos [Bell et al., 2003];
- pesquisa de pedras preciosas e sua influência sobre as pessoas[Vainshelboim et al, 2005];
- pesquisa de zonas geotivas e sua influência nas pessoas [Hacker et al. 2005].

(Korotkov K. , 2014)

Como é possível observar no texto de Korotkov, ele estabelece novo marco para o que ele considera uma abordagem científica para a kirliangrafia, bioeletrografia, que ele renomeou com GDV/EPI, deixando para trás mais de 100 anos de trabalhos com kirliangrafia por meio de filmes fotográficos.

É natural que, com o avanço das câmeras CCD e dos computadores pessoais, a grande maioria do público, em especial pesquisadores, teve acesso a técnicas computadorizadas de aquisição e análise de imagens. É nesse contexto que a técnica de GDV/EPI surge, para propiciar aos pesquisadores uma ferramenta de pesquisa mais eficaz e ágil. Este autor não pode confirmar ou refutar pesquisas com GDV, mesmo porque esta dissertação foca nas distorções cromáticas nas kirliangrafias com filmes fotográficos, que, embora obsoleta, precisa de reparos históricos para que a compreensão adequada acerca dela, que foi tão difundida e mal utilizada, mesmo porque, embora ultrapassado pelas câmeras digitais, há de se destacar que, na odontologia, os filmes de raio-X ainda imperam.

Não se pode afirmar que tudo que tenha sido feito e que ainda se faz em termos de **kirliangrafia com filmes fotográficos** esteja errado, pode ser que haja, de fato, a possibilidade de se estabelecer diagnósticos ou de algum aproveitamento da kirliangrafia no âmbito da engenharia biomédica, mas, até agora, pouco se provou cientificamente, porque ou os trabalhos carecem de metodologia científica capaz de adentrar a comunidade científica ortodoxa ou tem-se, por algum motivo ou outro, desprezado a bioeletrografia como ferramenta de investigação biomédica.

Talvez o fator comercial tenha provocado precipitações e exageros no sentido de apresentar a kirliangrafia como uma ferramenta mais promissora do que se tem provado ser, causando uma avalanche de trabalhos eivados de tendencialismo alternativo e até religioso. É o já conhecido fenômeno de **dourar a pílula** para torná-la mais atrativa ao comércio, que este autor acredita ser problema em diversas áreas do conhecimento, não somente da bioeletrografia.

A obra História da Bioeletrografia, disponível na página de internet da União Internacional de Bioeletrografia Médica Aplicada (IUMAB – International Union of Medical and Applied Bioelectrography, www.iumab.org), apresenta uma cronologia detalhada e extensiva (Bioelectrography, 2018). No mesmo site (iumab.org), está disponível uma vasta bibliografia sobre fotografia kirlian/bioeletrografia e GDV.

2.1 PADRÕES KIRLIANGRÁFICOS COMERCIAIS

Diversos tipos de geradores de alta tensão são empregados em kirliangrafia. Originalmente, empregavam-se geradores a multivibradores eletromecânicos (Nikolay, 2015), dos tipos utilizados nas famosas bobinas de Ruhmkorff (1851), e acoplados a bobinas de Tesla, com circuito primário configurado como LC oscilante, em faixas de frequência da ordem de 100 kHz a 200 kHz, e, posteriormente, com válvulas eletrônicas semelhantes aos aparelhos de ondas curtas para diatermia, em que, dentro da bobina do circuito LC tanque ressonante de saída, era introduzido um tubo com um enrolamento de fio muito fino, com milhares de espiras, em uma configuração semelhante a uma bobina de Tesla.

Com o advento dos semicondutores de estado sólido, transistores, SCRs etc., outras configurações foram concebidas, sendo a mais usual a dos circuitos de chaveamento de bobinas de ignição de automóveis ou de transformadores de alta tensão, com núcleos de ferrite do tipo utilizado em televisores de tubos de raios catódicos, popularmente conhecidos como Fly-Backs.

Há também variações na forma de emprego das películas fotográficas, indo do uso de filmes preto e branco em folhas grandes ao uso mais comum de filmes coloridos negativos de 35 mm.

Cada combinação dessas configurações resulta em padrões diferentes de fotos. Os pesquisadores Ask Elklit e Finn Gammelby, do Instituto de Psicologia da Universidade de Arhus, na Dinamarca, fizeram um minucioso trabalho identificando os parâmetros operacionais dos mais diversos equipamentos para kirliangrafia no âmbito internacional (Gammelby, 1990).

Na tentativa de se fazer análise estatística e encontrar alguma correlação com os pacientes, a técnica caminhou para o estabelecimento de padrões kirliangráficos que empregam equipamentos sempre com as mesmas características técnicas.

Durante o Congresso Mundial de Kirliangrafia, ocorrido no Brasil, em Curitiba, organizado pela **União Internacional de Bioelectrografia Aplicada**, em 2000, (IUMAB, 2000), ficou decidido que o nome kirliangrafia seria mudado oficialmente para bioeletrografia e também foram regularizados três padrões oficiais de equipamentos: o brasileiro, de Newton Milhomens; o alemão, de Peter Mandel; e o russo, de Konstantin Korotkov. Essa decisão pareceu ter sido mais fundamentada em

parâmetros comerciais do que científicos, ou seja, uma espécie de divisão de áreas e de mercado. Cabe ressaltar que milhares desses equipamentos, acompanhados de seus manuais de interpretação, já foram vendidos e, segundo os relatos dos comerciantes, equipam clínicas, hospitais e até laboratórios de pesquisas de universidades.

Entende-se, como padrão, o conjunto de características técnicas que compõem os equipamentos, tais como: frequência de chaveamento do transformador elevador de tensão, tempo de exposição, forma de onda, tipo de filme e de porta-filme e outros, assim como conceitos básicos para interpretação das bioeletrografias.

2.1.1 PADRÃO DE PETER MANDEL

Esse padrão baseia-se em kirliangrafia das mãos e dos pés ao mesmo tempo (Figura 4), em filme preto e branco. Esse método concentra-se na análise das formas dos *streamers* (feixes de plasma) do Corona.

Peter Mandel é um terapeuta holístico alemão que, na década de 1970, desenvolveu pesquisas com kirliangrafia e, posteriormente, denominou seu aparelho de EEA-BIOSCAN, o qual, juntamente com a técnica de análise energética da emissão kirlian (*Kirlian Energy Emission Analysis*), deu origem a seu sistema de terapia, denominado de *Esogetics*.



Figura 4 – À esquerda, o EEA-BIOSCAN de Peter Mandel. À direita, fotos kirlian das mãos e dos pés tiradas simultaneamente. Fonte: kirlian.iumab.org/eea-bioscan e colorpuncture.org.

2.1.2 PADRÃO DO PROF. DR. KONSTANTIN KOROTKOV

Esse padrão baseia-se na aquisição digital por CCD das imagens de **Corona** de todos os dedos da mão e, por meio de processamento de imagens, a composição correspondente de todo o corpo humano, com seus respectivos órgãos. Essa técnica foi denominada, por Korotkov, de GDV (Gas Discharge Visualization). Atualmente, o Prof. Korotkov tem abordado a técnica com o nome de análise eletrofotônica em medicina (Ekaterina Yakovleva, 2013). Recentemente, o Prof. Dr. Konstantin Korotkov reestilizou e miniaturizou seu equipamento, renomeando sua técnica para Bio-Well (Korotkov K. , Bio-Well, 2018). No já mencionado livro *Análise Eletrofotônica de Campos Energéticos em Humanos e na Natureza* (Korotkov K. , 2014), é feita uma avaliação científica, como segue, nas palavras daquele autor:

Avaliação Científica

O EPI tem sido usado como base para pesquisas significativas e, em cada caso, a confiabilidade e o valor de todo o sistema foram confirmados.

- O sistema EPI foi apresentado nos Institutos Nacionais dos EUA de Saúde para uma audiência de 27 investigadores científicos de classe mundial participando com o Dr. Wisneski e o Dr. Korotkov. Isso representou um grupo diversificado de especialistas reconhecidos do governo dos EUA e instituições acadêmicas.
- Um estudo da *Penn State University* foi conduzido por cientistas do National Institutes on Aging, que validou que o EPI pode ser usado em locais de grande demanda e oferecer com precisão uma avaliação favorável ao consumidor de seu estado de saúde.
- EPI também tem sido a base de dissertações de doutorado de pós-graduação em diversos países, que incluiu pesquisas nos campos médico e técnico. Breves descrições e análises de artigos publicados podem ser encontradas em Apêndice 1 deste livro. (Korotkov K. , 2014)
- Korotkov já organizou uma série de congressos científicos internacionais anuais na Rússia durante os últimos 14 anos, em que cientistas de 46 países participaram e apresentaram suas pesquisas resultados em uma variedade de áreas de pesquisa, utilizando protocolos EPI, incluindo alguns estudos significativos envolvendo o diagnóstico precoce do câncer.
- A meta-análise de artigos publicados em língua inglesa ou russa de 2003 a 2007 foi apresentado no *Jornal de Medicina Alternativa e complementar* em janeiro de 2018 "The Journal of Alternative and Medicina complementar". Janeiro de 2010, 16 (1): 13-25. KorotkovK.G., Matravers P, Orlov D.V.,

Williams B.O. Aplicação da Análise de Captura de Electrophoton (EPC) Baseada na Técnica de Visualização de Descarga de Gás (GDV) em Medicina: Uma Revisão Sistemática.

Todos os estudos controlados randomizados (RCTs) e relatórios sistemáticos de pesquisa (SRRs) foram avaliadas usando Scottish Intercollegiate Guidelines Network e Listas de verificação de Jadad. A pesquisa rendeu 136 artigos abordando quatro diferentes campos de aplicações médicas e psicofisiológicas da EPC (GDV). Entre 78 deles foram classificados como "alta" nas duas listas de verificação convencionais. 5303 pacientes com diferentes problemas foram comparados com mais de 1000 indivíduos.

Conclusões

1. O conjunto EPC/DV/Software é um equipamento prático e fácil de usar que permite facilmente examinar pacientes com várias patologias e, portanto, oferece uma ampla gama de aplicações.
2. O método GDV mostrou-se muito rápido (ou seja, é um "método expresso" para estudar estados do organismo humano).
3. Nossa revisão revelou que o método GDV pode ser implementado como um método expresso para avaliação da eficácia do procedimento de tratamento, avaliar as condições emocionais e físicas das pessoas e em muitos outros Campos."

Em 2000-2014, mais de 200 artigos foram publicados em revistas russas e em revistas internacionais e 130 artigos em Anais de diferentes conferências.

O que o método GDV mede em termos físicos?

O método EPI baseia-se na estimulação de emissões de fótons e elétrons da superfície do objeto. A estimulação é fornecida pela transmissão pulsos elétricos curtos. Em outras palavras, quando o objeto é colocado em um campo eletromagnético, é principalmente elétrons, e também em certa medida fótons, que são "extraídos" da superfície do objeto. Este processo é chamado "emissões de fotoelétrons" e foi exaustivamente estudada com métodos eletrônicos físicos. As partículas emitidas aceleram no campo eletromagnético, gerando avalanches eletrônicas na superfície da placa dielétrica (vidro). Este processo é chamado de "descarga de gás deslizante". Descarga faz com que o brilho da excitação de moléculas no ambiente gás, e esse brilho é o que está sendo medido pelo método EPI. Voltagem pulsos estimulam a emissão optoeletrônica, intensificando essa emissão em a descarga de gás, amplificada pelo campo elétrico criado.

(Korotkov K. , 2014)

2.1.4 PADRÃO NEWTON MILHOMENS

Esse padrão consiste em um conjunto de gerador de alta tensão do tipo chaveamento de descarga capacitiva em transformador de núcleo de ferrite (*flyback*), que geram pulsos de até 12 KV, com taxa de repetição da ordem de 100Hz, tempo de exposição de 4 segundos e o emprego de porta-filme com geometria, que permite o uso de películas de filmes negativos coloridos de 35 mm ASA 100, 200 ou, no máximo, 400, com os quais são feitas bioeletrografias dos dedos, em geral, do dedo indicativo. Esse equipamento foi amplamente comercializado e ainda é acompanhado de um manual de interpretação Padrão Newton Milhomens.

O fato de o padrão de Newton Milhomens ter sido escolhido como oficial o Brasil pela IUMAB dá a este trabalho uma relevada importância, uma vez que, durante esta pesquisa, ficou evidenciado de forma inequívoca erros graves nesse padrão.

Uma procura na internet sobre fotografia kirlian/bioeletrografia dará a noção da enorme quantidade de material abordando essa técnica e sua possível aplicação em diagnósticos de saúde.

O site Milhomens Cursos e Equipamentos, disponível em <http://kirlian.com.br/index.php?q=Bioeletrografia.htm>, faz referência a uma diversidade de publicações, entre elas, teses e dissertações, como as citações a seguir:

Área da Saúde

Atividade Desportiva - Renato R. Coutinho

Diagnóstico Oncológico Kirlianográfico - Drs.Grott

Psicologia - Dr.Joston Miguel Silva

Homeopatia - Dr. Marques

Florais de Minas - Professor Rodhrigo Campos

Psicologia - Prof. Dr. Carlos A.V.França

Estudo de Caso - Psicoterapeuta Mônica Griesi Cintra

Florais - Prof. Marta Mendes

A Eletroacupuntura no Controle do Estresse com Acompanhamento pela Técnica Bioeletrográfica (Efeito Kirlian) – Um Relato de Caso - Selma Milhomens

Estudo da célula humana utilizando a bioeletrografia - Prof. Marquez

Artigo Bioeletrografia nos Distúrbios Cardíacos - UNISUL

Análise energética dos efeitos da cromoterapia

Análise Bioeletrográfica em Tratamento Osteopático - Bruno Hernandes

Tese 1 de Bioeletrografia Ciência da Saúde. Faz Investigação na Área da Biofísica de Bioplasmas: E Homeopatia. Fundamento Científico do Diagnóstico Bioeletrográfico.

Eletrólise-Bioeletrográfica - A Máquina Bioeletrográfica Realiza a Eletrólise

Área da Agronomia

Estimar a qualidade fisiológica de sementes de milho - Antônio Robaina

Homeopatia na Produção - Dra. Fernanda C. Andrade

Vitalidade do Solo - Dra. Fernanda C. Andrade

Indicadores Químicos, Crescimento e Bioeletrografias de Plantas de Jambu, Capim-Limão e Folha-da-Fortuna submetidas a tratamentos homeopáticos - Cintia Armond

Bioeletrografias em plantas de Ruta graveolens tratadas com duas homeopatias - Paulo Roberto Bruno

Área da Engenharia

Nova Ferramenta da Engenharia de Segurança - Auri da Silva

Área da Física

Hipótese de trabalho - Newton Milhomens

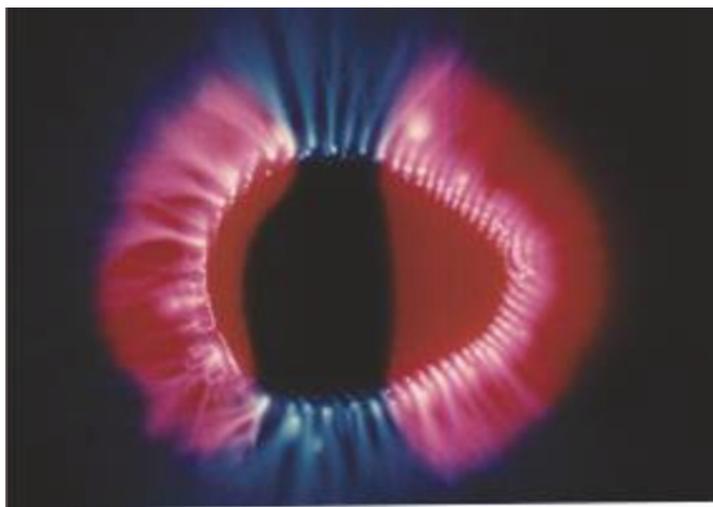
À Luz da Física - Dr. Antônio Marquez

Área da Ecologia/Biociência

Efeito da macrófita aquática Luziola peruviana Juss. Ex Gmel em açude e seu controle pela carpa capim (Ctenopharyngodon idella) - Dra. Margarete Sponchiado.

2.1.5 PADRÕES CROMÁTICOS

Entende-se por padrões cromáticos as características de cores que são apresentadas como referência para alguma forma de diagnóstico. Por exemplo, a kirliangrafia KG 4 foi, misticamente, atribuída por Milhomens (1988) ao equilíbrio **Yin-Yang** da filosofia chinesa do **taoísmo** (Cibelle, 2011).



KG 4 - Kirliangrafia referenciada equivocadamente como equilíbrio Yin-Yang. Fonte: (Picler, Technical Advances in Kirliangraphy, 1990).

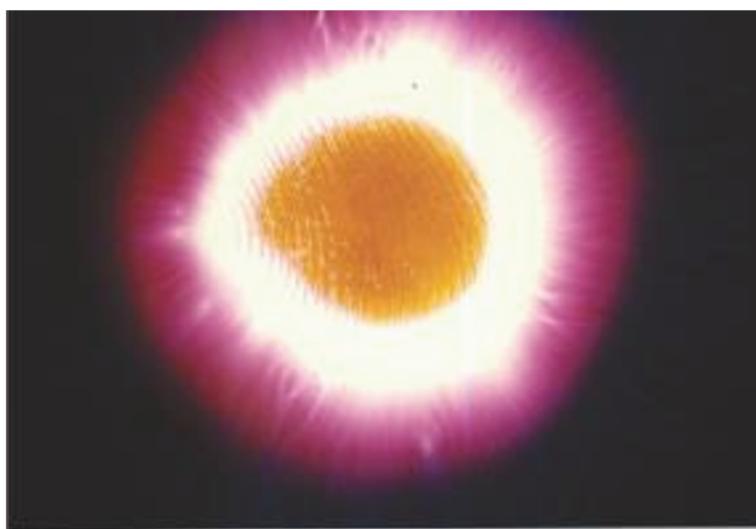


Figura 5 – Símbolo do Yin-Yang. Fonte (*I Ching*).

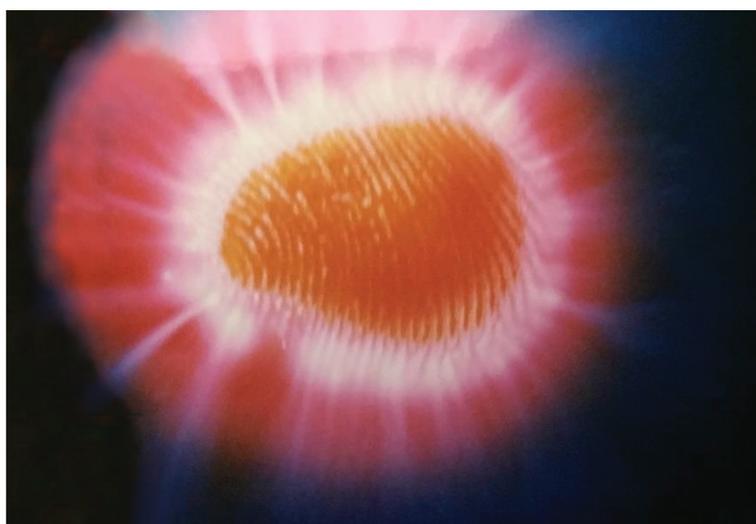
Yin e **Yang** são duas energias opostas que se complementam e que não podem existir uma sem a outra. **Yin** significa escuridão, ou o lado mais fraco, representado pelo lado pintado de preto, e **yang** é a claridade, o mais forte, o positivo em relação ao Yin (Figura 5). O *I Ching* preconiza que, para estarmos saudáveis com o corpo e a mente, precisamos estar em equilíbrio com as energias Yin e Yang (Cibelle, 2011).

As kirliangrafias KG 5 e KG 5A são referenciada por Milhomens (1988) como sendo indicativo de sensitivo em transe.

Segundo o CID – 10, Classificação de Transtornos Mentais e de Comportamento, o Transtorno de Transe e Possessão (código F 44.3) é caracterizado uma perda passageira da consciência e o indivíduo age como se tivesse possuído, tomado, por uma outra personalidade, “poder”, espírito, “força” sobrenatural ou divindade. Há movimentos repetidos, posições e expressões vocais. Comportamentos ou movimentos estereotipados, vivenciados como estando além do controle do indivíduo. Somente os transtornos indesejados ou involuntários, que se intrometem na atividade habitual do indivíduo e que ocorrem fora de situações religiosas ou outras aceitas culturalmente, devem ser considerados como Transtorno de Transe e Possessão (Pereira, 2018)



KG 5 - Kirliangrafia atribuída a sensitivo em transe. Fonte INPP

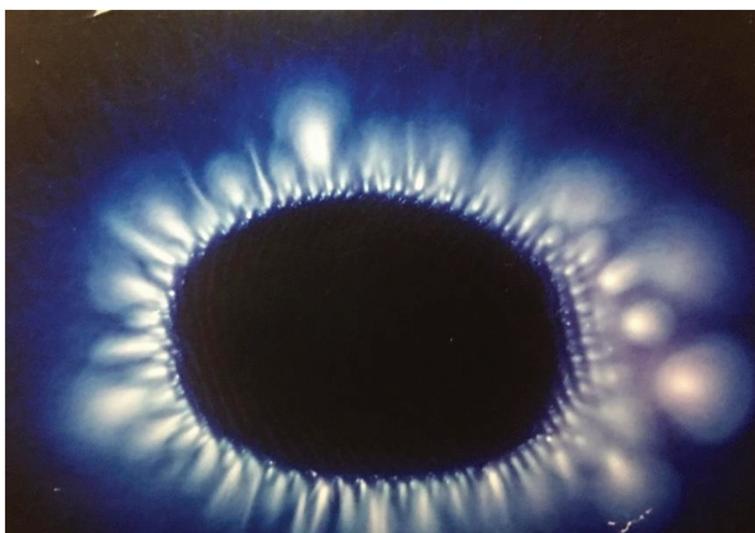


KG 5A - Kirliangrafia atribuída a sensitivo em transe. Fonte INPP

Qual seria a interpretação para as Kirliangrafias de cor totalmente azul (KG 6 e KG 6A)?



KG 6 - Kirliangrafia com padrão azul.
Fonte: (Picler, Technical Advances in Kirliangraphy, 1990).



KG 6A Kirliangrafia com padrão azul.
Fonte: (Picler, Technical Advances in Kirliangraphy, 1990).

Qual é a explicação para esses curiosos padrões cromáticos?

Dentro de uma infinidade de padrões popularmente divulgados, esta pesquisa faz um recorte mais objetivo sobre a origem desses padrões cromáticos na fotografia kirlian.

3 FUNDAMENTOS DE FOTOGRAFIA KIRLIAN

Para se compreender melhor a técnica da fotografia kirlian (kirliangrafia), faz-se necessário conceber a natureza do principal fenômeno envolvido, o efeito Corona. Também é necessário conhecer as características dielétricas dos materiais empregados, aprender o princípio de funcionamento dos filmes fotográficos, a natureza espectral do Corona no ar sob pressão atmosférica e, por fim, as características dos equipamentos, assim como o controle de algumas variáveis interferentes.

3.1 O EFEITO CORONA

O Corona é um efeito luminoso de cor azulada (Figura 6) que ocorre em determinados pontos de elementos energizados com alta tensão. Esse fenômeno ocorre em regiões em que o elemento energizado, devido à sua geometria (tamanho e forma), apresenta gradientes de alta tensão, ou seja, os campos não são uniformes e pode acontecer de atingirem valores elevados o suficiente para caracterizar uma situação de pré-ruptura da rigidez dielétrica do meio – em geral, o ar atmosférico –, ficando o meio ionizado e flamejante com a emissão de radiação eletromagnética em um espectro que vai desde ondas de rádio até o ultravioleta. Nesse processo, há a geração também de ozônio e a emissão de um zumbido característico devido à vibração das moléculas do gás.



Figura 6 – Efeito Corona em torres de alta tensão. Fonte: (energyservice.comunidades.net).

3.1.1 IONIZAÇÃO PRIMÁRIA

Quando se energiza um corpo com impulsos de alta tensão, em um primeiro momento, ocorre a aceleração dos elétrons livres preexistentes no meio devido à interação com a radiação cósmica, altamente penetrante, que perpassa paredes e outros obstáculos. No ar atmosférico, nas proximidades da crosta terrestre, formam-se íons por efeito da interação com raios cósmicos e outras radiações naturais, que criam o equilíbrio termodinâmico do meio. Esse fenômeno produz uma média de 7 a 20 elétrons livres por cm^3 , por segundo, correspondendo a uma concentração de íons naturais da ordem de 1.000 a 2.000 íons/ cm^3 , em condições atmosféricas normais, chegando a atingir valores da ordem de 20.000 a 50.000 íons/ cm^3 , sob as nuvens das trovoadas (LEITE & LEITE, 1993). Se o campo elétrico for forte o suficiente, ocorre a ionização do meio por choques (colisões) dos elétrons livres com as moléculas, arrancando elétrons de seus átomos. Esse processo gera fótons que, por sua vez, vão interagir com o meio e gerar mais elétrons livres (Laboratório de Alta Tensão - UFCG).

3.1.2 AVALANCHE DE TOWNSEND

A **descarga de Townsend**, ou a **avalanche de Townsend**, é um processo de ionização de um gás em que elétrons livres são acelerados por um campo elétrico, colidem com moléculas/átomos do gás e, conseqüentemente, liberam elétrons adicionais. Esses novos elétrons livres são também acelerados e se chocam com outros elétrons ligados aos átomos do gás, gerando, subseqüentemente, novos elétrons livres que vão ser igualmente acelerados pelo campo elétrico. O resultado é uma multiplicação progressiva desse fenômeno de ionização dos átomos, denominada **descarga de Townsend**, ou **avalanche de Townsend** (Figuras 7, 8 e 9), que, em linguagem moderna, é conhecida como avalanche de eletrônica, caracterizada como uma condução elétrica através do gás. A descarga requer uma fonte de elétrons livres, preexistentes no meio gasoso devido a interações com raios cósmicos, e um campo elétrico elevado, sem os quais o fenômeno não ocorre. Na avalanche de Townsend, se o campo elétrico for suficientemente forte, ele acelera os elétrons de forma a ionizar os átomos em uma condição tal que eles passam a emitir luz visível e radiação ultravioleta, caracterizando, assim, o efeito Corona.

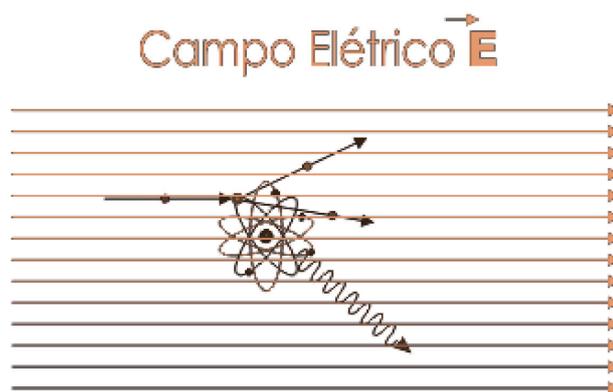


Figura 7 – Ionização inicial por colisão de elétrons. Fonte: autoria própria.

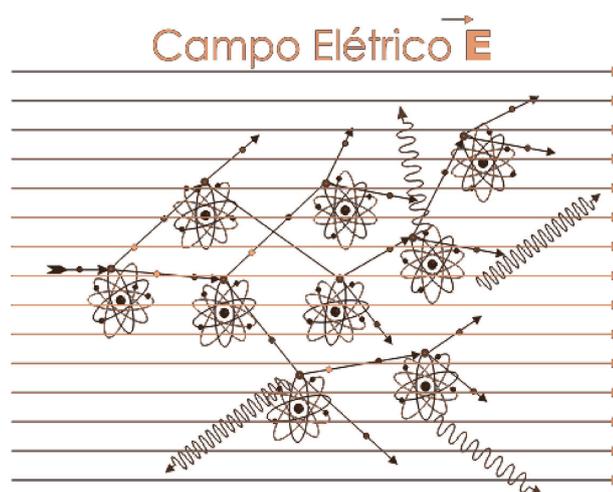


Figura 8 - Início da avalanche eletrônica. Fonte: autoria própria.



Figura 9 - Avalanche de Townsend. Fonte: autoria própria.

O **Efeito Corona**, ou simplesmente **Corona**, caracteriza-se, portanto, pela descarga elétrica em gases ou líquidos em torno de elementos energizados sob a ação de gradientes de campo elétrico de elevada intensidade, decorrentes da aplicação de impulsos de alta tensão.

Os campos elétricos em torno do objeto energizado com alta tensão provocam a ionização das estruturas gasosas ou líquidas que o envolvem. Essa ionização, gerada pelo forte campo elétrico, supera os valores críticos de isolamento do meio, que, para o ar em condições normais de pressão atmosférica, gira em torno de 3.000 V/mm a 3.600 V/mm. Dessa forma, nas proximidades do objeto condutor submetido à alta tensão, a rigidez dielétrica (capacidade de isolamento) é parcialmente rompida, basicamente, pelo fenômeno de ionização, devido à ação do campo elétrico, que acelera os elétrons livres preexistentes no meio gasoso, similar à ionização de Townsend, porém com intensidade mais forte, mas não o suficiente para romper, definitivamente, a capacidade dielétrica do gás, portanto o Corona é um efeito que ocorre entre a avalanche de Townsend e a descarga disruptiva do meio, ou seja, a faísca.

Sendo assim, o campo elétrico decorrente da aplicação de alta tensão acelera os elétrons livres, cedendo-lhes energia. Os elétrons livres acelerados chocam-se com átomos estáveis do gás, provocando sua ionização. Os átomos que perdem elétrons tornam-se íons positivos e os elétrons arrancados devido aos choques, juntamente com os elétrons livres preexistentes no meio (ar), são novamente acelerados pelo campo elétrico, adquirindo energia cinética (K). Esses elétrons, em alta velocidade em sua trajetória, chocam-se com novas moléculas do gás, produzindo mais íons e também um fenômeno de excitação atômica em que os elétrons que recebem a colisão são apenas promovidos a camadas mais externas, não chegando a atingir o nível de ionização. Nesse fenômeno, os elétrons que recebem a colisão são promovidos a camadas mais externas, deixando uma lacuna nos níveis de energia internos.

Dependendo da quantidade de energia recebida na colisão com os elétrons livres acelerados, os elétrons dos átomos excitados podem ser arrancados de sua camada de valência, tornando-se também elétrons livres, deixando os átomos ionizados, que, por sua vez, também serão acelerados e produzirão o mesmo fenômeno com as demais partículas do gás. As moléculas que perderam elétrons se transformam em íons positivos, que também serão acelerados pelo campo, porém em

sentido contrário, isto é, em rota de colisão com os elétrons livres, aumentando, dessa forma, a possibilidade de novas ionizações, formando a já referida **avalanche de Townsend**. Essa reação em cadeia conduz a uma rápida elevação da corrente, com tempos da ordem entre 10^{-5} a 10^{-7} segundos, que culmina na ruptura dielétrica parcial do gás e, subsequentemente, há uma diminuição na tensão e o surgimento do efeito Corona, descargas parciais, ou centelhamentos, dependendo das condições geométricas do conjunto energizado (Shimidt, 1979).

Um elétron acelerado pode produzir milhões de interações antes que seja capturado por um íon positivo, dessa forma, as múltiplas interações geram novos elétrons livres que, por sua vez, vão ser acelerados e gerarão mais interações. Nesse processo de múltiplas ionizações e excitações, forma-se um plasma autossustentado pelo fornecimento de energia proveniente da fonte de alta tensão. No plasma, as transições eletrônicas dos orbitais mais externos para os mais internos (Figura 10) nos átomos excitados e a captura de elétrons livres por íon positivo geram radiações cujos comprimentos de ondas vão desde o espectro das frequências altas (HF-High Frequency- 3MHz a 30MHz) até o espectro do ultravioleta (UV), com raias espectrais intensas nos comprimentos de onda característicos do gás ionizado.

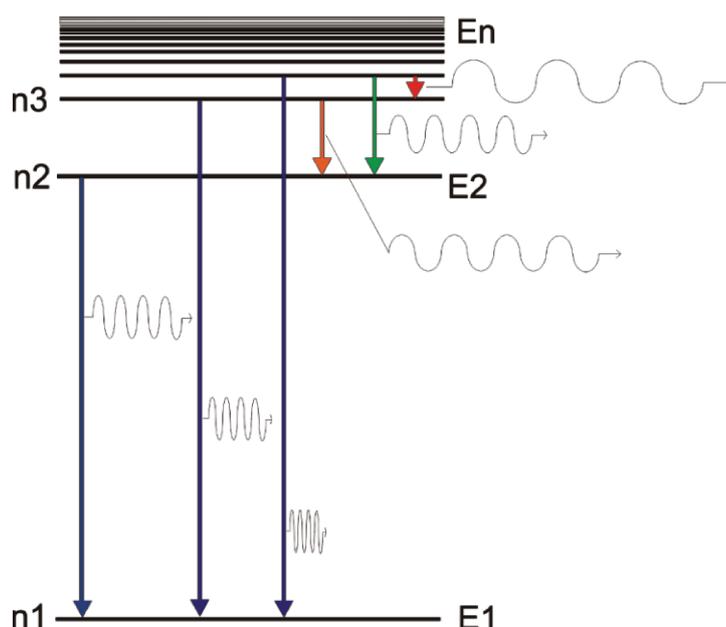


Figura 10 – Transições eletrônica quânticas e emissão de radiação fotônica. Fonte: autoria própria.

O processo de ionização também dá origem ao gás ozônio, pela combinação de oxigênio nascente O com O₂, produzindo O₃. Os pulsos de alta tensão provocam, além da ionização e excitação dos átomos, vibrações nas moléculas do gás, produzindo um zumbido com uma frequência característica. Assim sendo, pode-se observar, no Corona, as seguintes características:

- a) Emissão de radiação visível (coroa luminosa)
- b) Emissão de radiação ultravioleta e infravermelha
- c) Geração de ondas de radiofrequência
- d) Ruídos audíveis (zumbido)
- e) Vibrações mecânicas
- f) Produção de gás ozônio (odor característico)

O **Corona**, quando observado diretamente, a olho nu, pode ser descrito como: uma coroa (Corona) luminosa de cor azulada em torno do objeto energizado com alta tensão, que emite um zumbido e desprende um odor característico. A Figura 11 exibe o efeito Corona em uma chave metálica energizada com alta tensão.



Figura 11 - Efeito Corona em uma chave. Fonte:(spaceplasma.tumblr.com).

3.1.4 REGIME DE DESCARGAS ELÉTRICAS

Os mecanismos que produzem as faíscas, ou centelhas elétricas, decorrentes de campos de alta tensão são, basicamente, os mesmos do Corona, porém variam na intensidade e no fato de que, nas faíscas ou centelhas, a ionização, praticamente, fecha um circuito entre os dois polos que geram o campo elétrico, fazendo com que as correntes elétricas, no faiscamento, sejam milhares de vezes mais altas do que nas descargas Corona. A Figura 12 ilustra uma seqüência de diferentes intensidades de descargas elétricas.

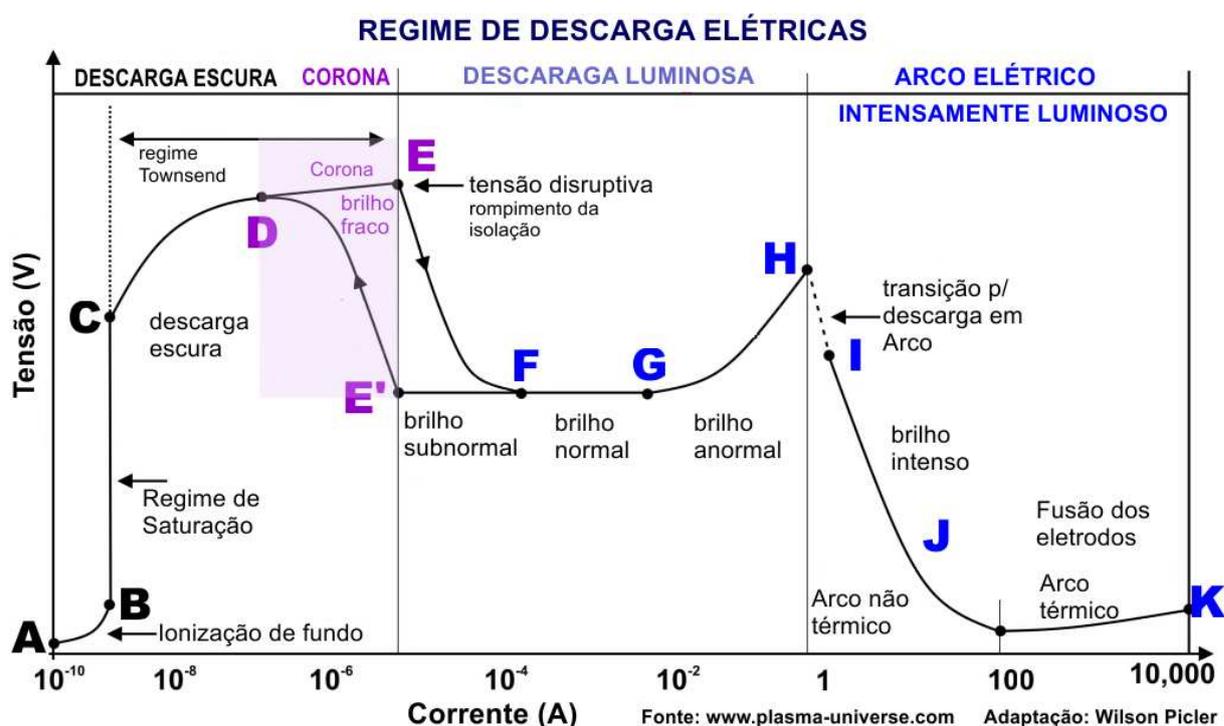


Figura 12 –Regime de descargas elétricas.

- A→B: pulsos aleatórios por radiação cósmica (elétrons livres)
- B→C: corrente de saturação,
- C: início da descarga de avalanche Townsend,
- D: descarga Townsend autossustentada,
- A→D: região de descarga escura; a ionização ocorre com corrente abaixo de 10 microamperes.
- D→E: região instável de descarga Corona (luminosidade fraca),**
- E'→F: descarga de luminosidade subnormal (Glow),
- F→G: descarga de luminosidade normal (Glow),
- G→H: descarga de brilho anormal (Glow),
- H→I: região instável: transição para arco luminoso;
- I→J; arco elétrico muito luminoso;
- J→K: arco elétrico intensamente luminoso e térmico (fusão dos eletrodos).

3.1.5 PLASMA

A palavra **plasma** tem dois significados distintos:

BIOLOGIA. Consiste num líquido amarelado que compõe aproximadamente 55% do sangue, juntamente com os glóbulos vermelhos (hemácias), os glóbulos brancos (leucócitos) e as plaquetas. (Significados, 2019)

FÍSICA. O plasma é frequentemente chamado de "Quarto Estado da Matéria", sendo os outros três sólidos, líquidos e gasosos. Um plasma é um estado distinto de matéria contendo um número significativo de partículas eletricamente carregadas, um número suficiente para afetar suas propriedades elétricas e comportamento. Além de serem importantes em muitos aspectos de nossas vidas diárias, estima-se que os plasmas constituem mais de 99% do universo visível. Em um gás comum, cada átomo contém um número igual de cargas positivas e negativas; as cargas positivas no núcleo são cercadas por um número igual de elétrons carregados negativamente, e cada átomo é eletricamente "neutro". Um gás torna-se um plasma quando a adição de calor ou outra energia faz com que um número significativo de átomos libere alguns ou todos os seus elétrons. As partes restantes desses átomos são deixadas com uma carga positiva, e os elétrons negativos desprendidos estão livres para se movimentar. Esses átomos e o gás eletricamente carregado resultante são considerados "ionizados". Quando átomos suficientes são ionizados para afetar significativamente as características elétricas do gás, é um plasma. (Coalition for Plasma Science, 2019)

Pela definição acima, um gás transforma-se em plasma quando um número elevado de átomos é ionizado a ponto de alterar sua estrutura e seu comportamento natural. Um gás, mesmo que fracamente ionizado, não conduz corrente e não emite perceptível radiação luminosa, mas, quando esse gás é ionizado pela aplicação de impulsos de alta tensão, a ponto de tornar-se condutor e emitir radiação luminosa no espectro visível, com forte emissão de ultravioleta e formação perceptível de ozona – perceptível pelo seu odor característico –, não restam dúvidas de que se enquadra na definição acima. A Figura 13 exibe o efeito luminoso (Corona) devido à aplicação de ~30 kV em uma roda metálica de pontas (Advanced Plasma Solutions). Os penachos luminosos violáceos (Corona) são uma forma de plasma.

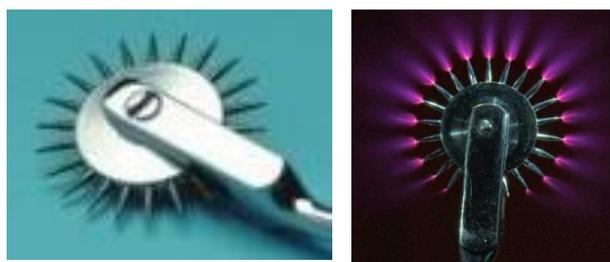


Figura 13 – Roda de pontas e objeto semelhante ionizado pela aplicação de 30 kV.
Fonte: (Wikimedia Commons, 2019)

3.1.6 CORONA X PLASMA

Existe certa confusão, especialmente no ramo da indústria, que trata a superfície de alguns materiais com o Corona ou plasma, para melhorar a adesão a tintas de impressões. Nesses tratamentos, existem equipamentos que são denominados de *Plasma Treaters* e *Corona Treaters*. Segue, abaixo, uma explicação postada no site da Indústria Enercon (www.enerconind.com).

A Enercon recebe muitas perguntas sobre as diferenças e semelhanças entre o tratamento de superfícies a Corona e o tratamento com plasma. Em todos os casos, o contexto da questão é muito importante, pois algumas indústrias adotaram definições únicas de cada termo. Tecnicamente, o plasma é o quarto estado da matéria produzido pela ionização de um gás. Como o Corona ioniza o ar atmosférico (que é um gás), o Corona é na verdade uma forma de plasma. Como afirmado, os tratadores de Corona ionizam o ar. Nas indústrias de filme, rolo a rolo, conversão e extrusão, o termo tratador de Corona é reservado para aqueles sistemas que ionizam o ar, sem a utilização de gases adicionais. Dependendo dos dielétricos (eletrodos e rolos de aterramento) usados, a descarga de Corona roxa pode parecer muito suave e estáveis, ou pode incluir descargas filamentosas visuais que aparecem como “pontas”. O tratamento de Corona é um produto maduro nessas indústrias e é uma excelente e extremamente eficiente maneira de aumentar a energia superficial e a adesão para impressão, revestimento e laminação de filmes (Enercon, 2019).

A Figura 14 exhibe uma máquina de tratamento de superfícies por descarga Corona, comumente empregada por empresas de confecção de painéis de propaganda (*outdoors*).



Figura 14 – Máquina de tratamento de superfície por Corona/plasma. Fonte: (vedaphone).

Durante o tratamento de descarga Corona, os elétrons são acelerados na superfície do plástico fazendo com que as longas cadeias se rompam, produzindo uma multiplicidade de extremidades abertas e valências livres são formadas. O ozônio da descarga elétrica cria uma oxigenação, que por sua vez forma novos grupos carbonila com uma maior energia superficial. O resultado é uma melhoria da conexão química (dyn / cm) entre as moléculas no plástico e o meio / líquido aplicado. Este tratamento de superfície não reduz nem altera a resistência. Nem vai mudar a aparência do material. A Corona apenas altera as principais cadeias moleculares, que tem 0,00001 microm de espessura. (Vetaphone Corona & Plasma, 2019)

3.2 RIGIDEZ DIELÉTRICA DOS MATERIAIS

A fotografia kirlian lida com um nível de tensão da ordem de 5kV a 30kV, com circuitos de baixa potência da ordem de 5 a 200 Watts, considerados muito alta tensão (MAT) e baixa potência para os trabalhos em eletrônica, embora, na eletrotécnica, em especial nas redes de distribuição de energia elétrica, trabalhe-se com tensões bem mais elevadas, da ordem de 100 a 500 kV, com potências elevadíssimas, da ordem de milhares a milhões de Watts. O termo MAT será utilizado, doravante, para designar muito alta tensão.

Para não haver o risco de choques elétricos na técnica kirlian, é necessária uma boa noção da capacidade de isolamento elétrica dos materiais comumente empregados em eletrônica, em especial aqueles empregados no presente trabalho.

Um material isolante (dielétrico) caracteriza-se pela oposição, ou altíssima resistência, à passagem da corrente elétrica quando a este é aplicada uma diferença de potencial elétrico. Essa característica de elevada oposição tem um limite crítico que, uma vez ultrapassado, ocasiona o rompimento da barreira de oposição à corrente elétrica (isolamento) do material, permitindo a condução de uma corrente de elétrons e/ou íons. Esse valor limite é bastante elevado para materiais tidos como isolantes e encontra-se na ordem de kilovolts/mm. O valor limite de tensão elétrica por unidade de espessura é a **rigidez dielétrica**.

No desenvolvimento dos equipamentos para a experimentação, no âmbito desta pesquisa, foi utilizada uma diversidade de materiais dielétricos (isolantes). Um material bastante empregado em eletrônica é a placa cobreada para circuitos impressos de fenolite. Nesta pesquisa, além de ser empregada para alguns circuitos, é utilizada como placa polarizadora (chapa de cobre) e de dielétrico (chapa de fenolite) quando utilizada com a face cobreada para baixo, oferecendo o lado de fenolite como isolante.

O poliacetal é outro material amplamente utilizado nesta pesquisa. Ele apresenta rigidez dielétrica elevada, com propriedades mecânicas notáveis, pode ser usinado (torneado) com facilidade) e com bom acabamento. O acrílico e o PVC, além de outros materiais, também são empregados nas experimentações, justamente por apresentarem a rigidez mecânica necessária e elevada rigidez dielétrica.

3.2.1 FENOLITE

O laminado técnico denominado **fenolite** é um plástico industrial duro e denso, fabricado sob processo de alta pressão e por aplicação de calor, conhecido popularmente por laminado termorrígido.

O laminado é formado, basicamente, por camadas de papel de origem especial (papel fenólico, tipo kraft) e aglutinado em uma massa única, com o uso de resina fenólica de altas características mecânicas para uso em baixa e média tensão (VEDAX, 2018).

Existem várias classes de **fenolites** e suas propriedades elétricas podem variar de uma rigidez dielétrica de apenas 8kV/mm até 40kV/mm.

As propriedades físicas dos fenolites são normatizadas pela ANSI/NEMA (*American National Standards Institute/National Electrical Manufacturers Association*).

O **fenolite** do tipo **FR-2** (*Flame Resistant 2 – 105 °C*) XXXP (aplicações elétricas com alta isolamento) (Fletcher, 1992), revestido por lâmina de cobre, é designado para confecção de circuitos impressos e tem uma rigidez dielétrica da ordem de 29 kV/mm (290 kV/cm) e constante dielétrica entre 4,5 a 5,3.

O fenolite do tipo FR-2, com lâmina de cobre (placa de circuito impressa virgem), foi utilizado sobre a mesa central do porta-filmes, como placa polarizadora e, eventualmente, também como dielétrica quando a face cobreada é colocada para baixo, por isso a importância de se conhecer sua rigidez dielétrica (capacidade de isolamento elétrica), pois, à placa polarizadora, são aplicados impulsos de alta tensão da ordem de até 16 kV e é justamente nesse conjunto que o paciente coloca o dedo a ser fotografado.

Considerando que o **fenolite** apresenta rigidez dielétrica da ordem de 29 kV/cm – podendo ser um pouco menor, dependendo do fabricante –, que não se conhece, com precisão, a origem dessas placas e que a espessura do fenolite das placas de circuito impresso é de, aproximadamente, 1,5 mm, descontando a espessura da lâmina de cobre, sua capacidade de isolamento resulta em 1,5 mm x 29 kV/mm = 43,5kV. Cabe dedicar especial atenção a esse conjunto e, caso se queira trabalhar com tensões acima de 20KV, convém utilizar placas dielétricas com espessuras adequadas, podendo ser uma placa de acrílico que apresenta também uma boa rigidez dielétrica, da ordem de 20kV/mm, e disponível em espessuras diversas, de 1 mm a 6 mm, ou mais.

3.2.2 PVC (Policloreto de polivinila)

O PVC (Policloreto de polivinila) é um termoplástico obtido por sucessivos processos de polimerização do etileno – derivado do petróleo (43%) – com átomos de cloro (57%). O PVC também é conhecido por cloreto de vinila ou policloreto de vinil. As diferentes características eletromecânicas do PVC vêm dos diferentes aditivos utilizados, podendo ser flexível como uma mangueira de jardim ou rígido como tubos de encanamentos de água. A rigidez dielétrica do PVC situa-se entre 15 a 20 kV/mm (BRASKEM - Boletim Técnico n. 03, 2002). Nesta pesquisa, o PVC foi amplamente utilizado como placas isolantes colocadas entre o filme fotográfico e a placa metálica.

3.2.3 POLIACETAL

O poliacetal é um material plástico de alta dureza e estabilidade mecânica, muito bom para usinagem (tornearia), empregado no lugar do latão e do bronze, quando se deseja uma peça mais leve, resistente e com bom acabamento e, sobretudo, alta isolamento elétrica (50 kV/mm). Suas propriedades são:

- elevada rigidez mecânica;
- elevada rigidez dielétrica (50kV/mm);
- alto módulo de elasticidade;
- excelente estabilidade dimensional;
- elevada resistência a agentes químicos;
- alta resistência à flexão alternada;
- boa resistência à deformação pelo calor;
- permissão de aditivação;
- baixo coeficiente de umidade;
- antiaderência;
- absorção de vibrações.

APLICAÇÕES

- Peças de alta precisão, peças estruturais de pequeno porte, guias de barramento para máquinas operatrizes.
- Mancais, buchas, acoplamentos, engrenagens, vedações, arruelas, roscas sem-fim, luvas, guias, flanges, roletes.
- Conexões, roldanas, parafusos, isoladores, retentores, elementos de válvulas.

CARACTERÍSTICAS TERMOELÉTRICAS DO POLIACETAL

Tabela 1 – Características do poliacetal. Fonte: (DENKENTECH, 2018)

Constante dielétrica a 1000 Hz	—	DIN 53483 ASTM D150	3,5
Fator de perda dielétrica a 10 Hz	—	DIN 53483	0,03
Resistividade volumétrica a 23 °C 50% RH	Ω cm	DIN 53482 ASTM D257	10^{15}
Rigidez dielétrica	KV/mm	DIN 53481	50
Resistência superficial	Ω	DIN 53482	10^{13}
Temperatura máxima de uso em curto período	°C	-	140
Ponto de fusão	°C	DIN 53736	165
Inflamabilidade	-	UL94	HB
Condutividade térmica a 23 °C	W/K.m	DIN 52612	0,30

No âmbito deste trabalho, o poliacetal (peças de cor branca) foi empregado para construção das bases do porta-filmes (Figura 15) e para o medidor de alta tensão (espinterômetro) (Figura 16).

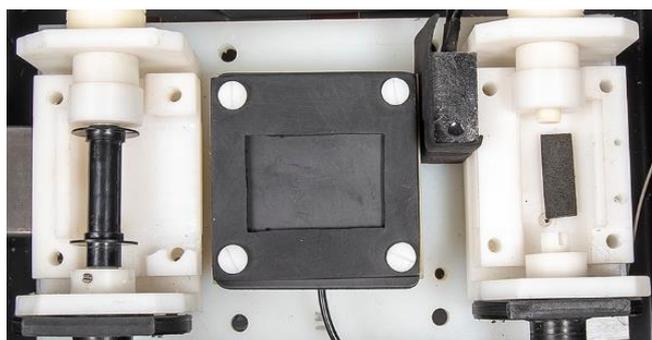


Figura 15 – Porta-Filmes de Poliacetal. Fonte: autoria própria.

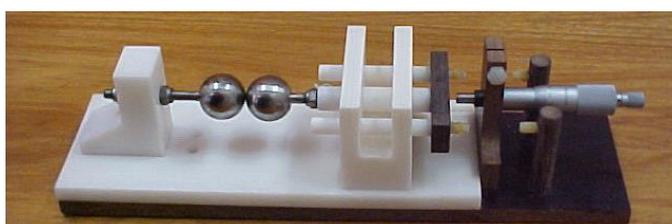


Figura 16 – Primeira versão do espinterômetro de poliacetal desenvolvido. Fonte: autoria própria.

3.2.4 TABELA DE RIGIDEZ DIELÉTRICA DE DIVERSOS MATERIAIS

A Tabela 2, abaixo, apresenta alguns valores de rigidez dielétrica em campos homogêneos a 60 Hz, para alguns materiais de interesse e que também servem de comparação entre eles para se proporcionar uma noção da sua propriedade isolantes. A tabela foi elaborada por este autor, com base em diversas literaturas, como Shimidt (1979), (BRASKEM - Boletim Técnico n. 03, 2002), (Lucas, 2001), (DENKENTECH, 2018).

Tabela 2 –Rigidez dielétrica de diversos materiais. Fontes: (Shimidt, 1979) complementada pelo autor.

MATERIAL	Rigidez Dielétrica KV/mm	Particularidades	
Ar	3,2	T=20C°, P=760 torr	
Vidro	100-300	Material isolante de elevado peso específico e homogêneo, bem como laminado, quando o campo é dirigido perpendicularmente às camadas laminadas.	
Papel (impregnado)	100-300		
Mica	200-300		
Polistírol (triacetato de celulose-em filme)	90-120		
Poliacetel	50		
Acrílico (polimetil-metacrilato - PMMA)	15-25		
Fenólite	8-40		
PVC	15-20		
Baquelite	24		
Borracha Natural	10-39		
Borracha (Neoprene)	12 -26		
Cerâmica	10-30		Isolantes de estrutura heterogênea, poros fechados ou canais capilares interligados.
Resina sintética (fenólica etc.)	10-15		
Composto de mica	10-15		
Mármore	4-5	Isolantes porosos, com poros abertos.	
Madeira	4-6		
Papel (sem impregnação)	7-10		
Óleo p/ transformador (impuro)	4-5	Líquidos	
Óleo p/ transformador (puro)	20-30		
Óleo de silicone	15-18		

3.2.5 RUPTURA DIELÉTRICA DOS GASES

A ruptura dielétrica em meio gasoso se dá, principalmente, por meio da ionização provocada pelo forte campo elétrico decorrente de um pulso de alta tensão. Em campos homogêneos, ocorre uma ruptura instantânea; para campos heterogêneos, é comum o surgimento do efeito Corona. Em uma massa gasosa, existem elétrons livres devido à interação dos átomos com radiações de diferentes intensidades e energias, inclusive, devido a raios cósmicos altamente energéticos e, conseqüentemente, penetrantes, o que diminui a rigidez dielétrica dos gases.

Há um equívoco popular em acreditar que o valor da rigidez dielétrica é uma constante para diferentes espaçamentos. Na realidade, a Figura 17 apresenta uma curva pela qual, nitidamente, podemos observar que a rigidez dielétrica do ar não é um valor fixo. Por exemplo, para uma faísca de 1,0 cm, o valor da rigidez dielétrica do ar – nas condições de $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P=760\text{ torr}$ – é de 32 kV/cm, portanto o valor da alta tensão será de $1,0\text{ cm} \times 32\text{ kV/cm} = 32\text{ kV}$. No entanto, se a distância da faísca entre esferas for de 0,1 cm, o valor de rigidez dielétrica a ser utilizado será de, aproximadamente, 46kV/cm, o que corresponderia a uma medida de $0,5\text{ cm} \times 46\text{kV/cm} = 23\text{ kV}$. Nesse caso, se fosse aplicado o valor genérico de 32 kV/cm, teríamos um resultado de $0,5\text{ cm} \times 32\text{ kV/cm} = 16\text{ kV}$, correspondente a um erro de – 30 %.

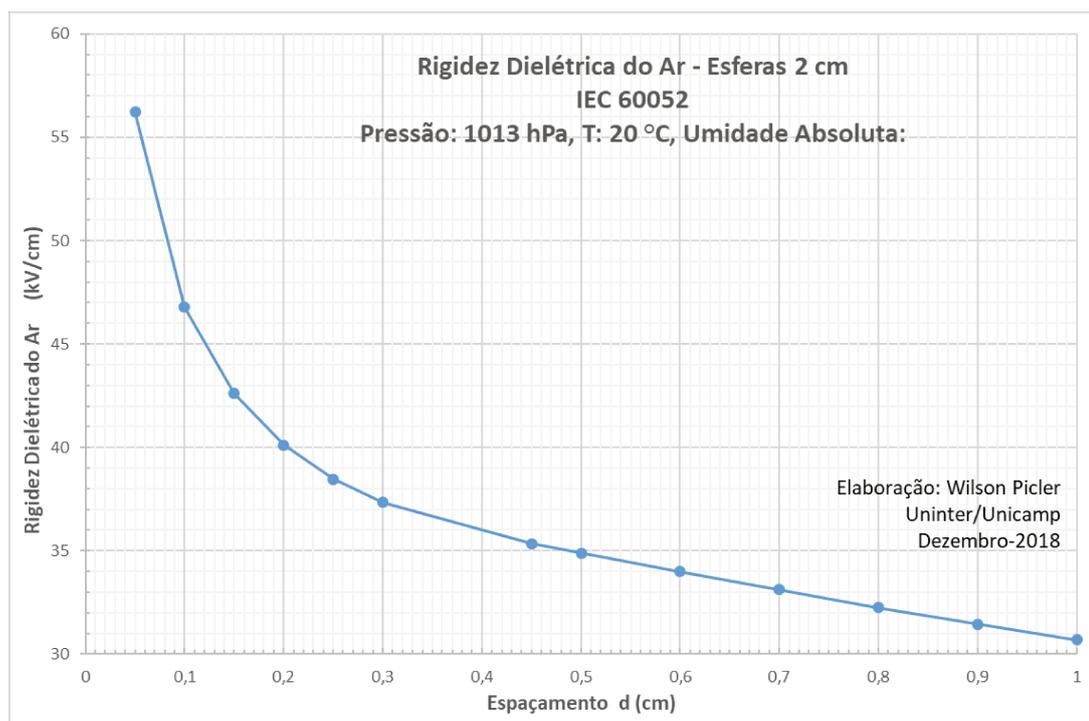


Figura 17 – Rigidez dielétrica x Espaçamento entre esferas de 2 cm de diâmetro.
Fonte: autoria própria com base na IEC60052.

3.3 PSICROMETRIA

A Psicrometria é definida como “o ramo da física relacionado com a medida ou determinação das condições do ar atmosférico, particularmente com respeito à mistura ar seco – vapor d’água”, ou ainda, “aquela parte da ciência que está de certa forma intimamente preocupada com as propriedades termodinâmicas do ar úmido, dando atenção especial às necessidades ambientais, humanas e tecnológicas”. (Jr., 2019).

Uma vez que a kirliangrafia é a fotografia da descarga Corona no ar em condições atmosféricas, é necessário compreender melhor a natureza da atmosfera terrestre. A troposfera é a camada mais interna, que concentra 75% da massa de ar e 99% do vapor de água; é a única camada que o ser humano suporta, com limites respiráveis em torno de 10.000m, um pouco mais do que o Pico Everest (Figura 18). Devido a essa ação da gravidade, a pressão é maior quanto mais próximo ao centro da Terra, atingindo, no nível do mar, o valor de 1 atm; podendo, inclusive, superar esse limite em depressões abaixo do nível do mar. A temperatura decai com o aumento da altitude até o limite de 10 km, quando começa uma camada de gradiente de temperatura positiva, denominada tropausa, que estabelece o limite entre troposfera e estratosfera. A Figura 19 dá uma noção das proporções de cada camada da atmosfera.

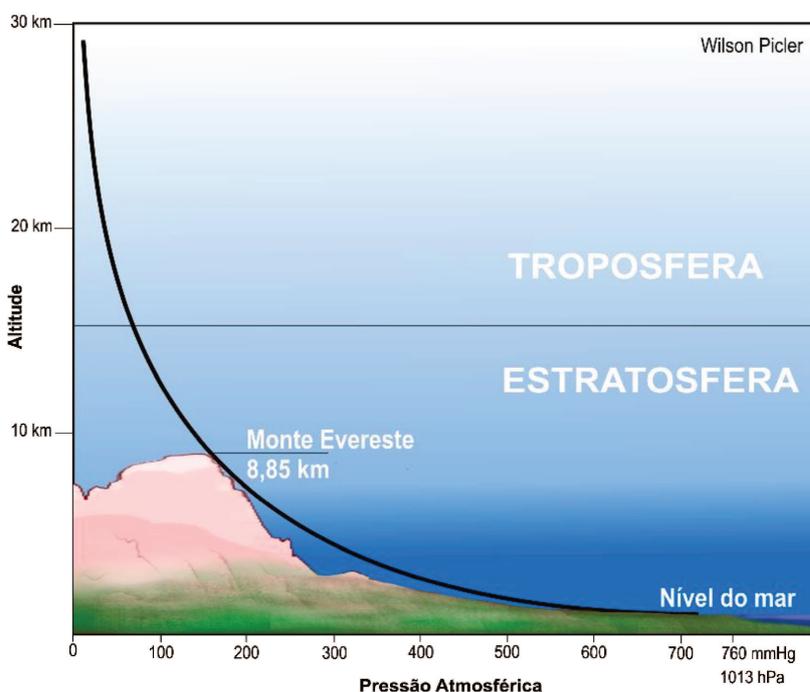


Figura 18 – Pressão x Altitude. Fonte: autoria própria.

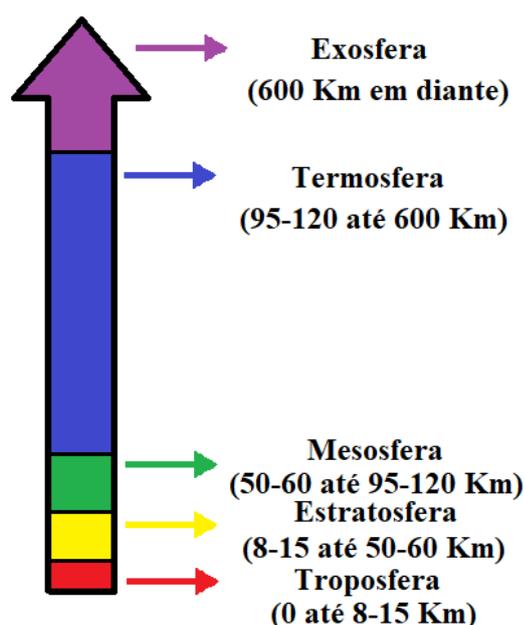


Figura 19 - Camadas da atmosfera. Fonte: autor.

3.3.1 COMPOSIÇÃO DA TROPOSFERA

A troposfera é a camada em que se encontra 75% da massa da atmosfera e abrange uma altitude de, aproximadamente, 16 km sobre a Linha do Equador e de 8 a 11 km sobre os polos. O nome *Tropos* significa mudança, devido à constante dinâmica de mudanças da mistura de gases com o vapor d'água que formam as nuvens e interagem com a superfície. A troposfera contém 99% do vapor d'água da atmosfera. A concentração de vapor d'água pode chegar a 4% nos trópicos e traços nos polos terrestres. A Tabela 3 exibe a composição da troposfera (UCSB - Physics, 2019).

Tabela 3 – Composição da troposfera. Fonte: (UCSB - Physics, 2019).

TROPOSFERA	
GÁS	%
Nitrogênio	78.0
Oxigênio	21.0
Argônio	0.9
Vapor de Água	0.3 a 4.0
Dióxido de Carbono	0.04
Outros gases	traços

Como o ar atmosférico, basicamente, é composto por 78% de nitrogênio e 21% de oxigênio, com diferentes concentrações de vapor d'água, a coloração da descarga será a composição dessa mistura. As Figuras 20, 21 e 22 exibem a luz emitida por lâmpadas preenchidas com nitrogênio, oxigênio e ar, respectivamente.



Figura 20 – Descarga elétrica em uma lâmpada de nitrogênio. Fonte: (Wikimedia Commons, 2019).



Figura 21 - Descarga elétrica em uma lâmpada de oxigênio. Fonte: (Wikimedia Commons, 2019).



Figura 22 – Descarga elétrica no ar atmosférico sob baixa pressão. Fonte: (Faíscas, s.d.).

3.3.2 DESCARGAS ELÉTRICAS NA ATMOSFERA



Figura 23 – Espectro natural de um raio – Fonte: (Atmospheric Optics – Denis Joye).

Denis Joye capturou esses espectros de raios durante uma tempestade sobre Paris. Eles revelam as condições extremas dentro de um raio. Ele usou uma grade de difração de 540 linhas / mm na frente da lente da câmera. Uma fenda (slit) é geralmente necessária para obter bons espectros de linha. Aqui os raios muito estreitos dispensam o uso da fenda (slit). Vemos linhas de emissão de espectro acentuadas sobrepostas à luz contínua mais fraca. © Denis Joye/Atmospheric Optics (Joye, 2019)

O raio é um bom exemplo de descarga no ar atmosférico (Figura 23), por ser um fenômeno natural conhecido por todos. No centro da centelha de um raio, a temperatura chega a atingir valores muito elevados, da ordem de 20-30.000 Celsius, o suficiente para dissociar moléculas de ar e de água e transformá-las em plasma (Atmospheric Optics, 2019). Um raio envolve tensões de milhões de Volts, porém as distâncias que separam a nuvem da terra também são grandes. O que faz a rigidez

dielétrica se romper e ocorrer a faísca é o gradiente de tensão. Considerando que o ar atmosférico tem uma rigidez dielétrica de, aproximadamente, 3 kV/mm, ou 3.000.000V/m, seria necessária uma diferença de potencial elétrico, entre a terra e uma nuvem, a 1.000 metros de altura de $3000000 \text{ V/m} \times 1.000 \text{ m} = 3 \text{ bilhões de Volts}$. Como demonstrado, os raios podem atingir valores de até bilhões de volts e correntes de centenas de milhares de Amperes.

No outro extremo, está a descarga Corona, que não chega a formar uma centelha. Trata-se de um fenômeno muito disperso e que envolve correntes relativamente pequenas da ordem de microamperes, porém o gradiente de tensão segue o mesmo princípio de, aproximadamente, 3kV/mm. Isso significa que, com uma tensão de 3 kV, pode-se observar uma descarga Corona de 1 mm de extensão; já, com 30 kV, um Corona com 10 cm de extensão. O que importa, nesse caso, é o gradiente de tensão.

3.3.3 PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Pressão atmosférica é a força exercida pela coluna de massa de ar atmosférico de forma distribuída, em uma dada unidade área da superfície do planeta (Figura 24). Observa-se que a densidade na superfície, a 935 m de altitude, na cidade de Curitiba-PR, é de $1,05 \text{ kg/m}^3$ e, próximo do nível do mar, na cidade de Paranaguá-PR, é de $1,15 \text{ kg/m}^3$, ou seja, 9,5% maior.

Essa grandeza física interfere fortemente nas descargas elétricas em gases, daí a importância de se conhecer os principais conceitos relacionados à pressão atmosférica, em especial, o domínio das unidades de medida.

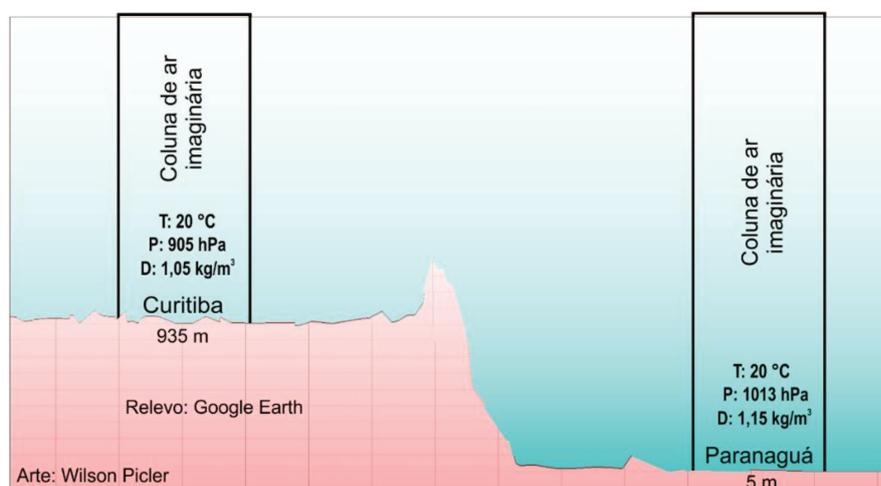


Figura 24 – Pressão x Altitude/Conceito de colunas de ar. Fonte: autoria própria.

$$Press\tilde{a}o = \frac{For\tilde{c}a}{\tilde{A}rea} \quad (1)$$

No Sistema Internacional de Unidades, a força é medida em Newton. Um Newton equivale à força que 1 kg de massa exerce sobre a aceleração de 1 m/s^2

$$1\text{ Newton (N)} = 1\text{kg} \frac{1\text{ m}}{1\text{ s}^2} \quad (2)$$

A escrita com potência negativa exprime o inverso das grandezas.

$$1\text{ Newton (N)} = 1\text{kg m s}^{-2} \quad (3)$$

$$1\text{ Pascal} = \frac{1\text{ N}}{1\text{ m}^2} \quad (4)$$

$$1\text{ Pascal} = 1\text{Nm}^{-2} \quad (5)$$

$$1\text{ Pascal} = 1\text{kg } 1\text{m } 1\text{s}^{-2} \text{ m}^{-2} = \text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2} \quad (6)$$

$$1\text{ Pascal} = 1\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2} \quad (7)$$

3.3.4 EQUAÇÃO BAROMÉTRICA

A equação barométrica (8), também conhecida por atmosfera exponencial ou atmosfera isotérmica, é uma fórmula para modelar como a pressão (ou densidade) do ar muda com a altitude. A pressão cai, aproximadamente, 0,116 hPa por metro nos primeiros 1.000 metros acima do nível do mar.

$$P_h = P_0 e^{-Mgh/RT} \quad (8)$$

P_h = Pressão na altitude h

P₀= Pressão ao nível do mar (h=0) = 1013,25 hPa

P e **P₀** = devem ser expressos na mesma unidade

T = Temperatura na altitude h expressa em Kelvin (K)

h = Altitude em relação ao nível do mar (m)

Tabela 4 – Constantes da equação barométrica. Fonte: math24.net.

Pressão ao nível do mar	P_0	1013,25	hPa
Massa Molar do ar	M	0,0289644	kg/mol
Aceleração Gravitacional	g	9,80665	m/s ²
Constante do gas perfeito	R	8,3144621	J/K/mol

Por exemplo, deseja-se saber a pressão atmosférica no centro da cidade de Curitiba, no local dos experimentos. O Google Earth indica uma altitude de 900 metros no local, no nível da rua Luiz Xavier. Os ensaios são realizados no 7º andar do prédio. Considerando 3 metros por andar, são 21 metros acima do nível da rua, portanto 921 metros. A temperatura é de 20 °C. Aplicando-se os dados na equação barométrica, obtém-se 909,9 hPa (Tabela 5). A medição no local, nessas condições, indicou 910 hPa.

Tabela 5 – Resultado de cálculo com a equação barométrica. Fonte: autoria própria.

Temperatura	20	°C
Altitude	921	m
Pressão	909,9	hPa

3.3.5 TABELA DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA X ALTITUDE

A equação (8) é válida somente para o ar seco, pois no ar úmido, o peso molecular é diferente. Para a construção do gráfico da Figura 25, admitiram-se as seguintes aproximações razoáveis (Elmar Uherek, 2004) (Tabela 6):

Tabela 6 – Aproximações de parâmetros atmosféricos. Fonte: autoria própria.

Temperatura à superfície	20 °C
Taxa de decréscimo da temperatura	1 °C/180 m
Pressão à superfície	1013 hPa

A Tabela 7, apresenta os valores calculados com base na equação barométrica (Equação 1) com os dados da Tabela 6, acima considerados.

Tabela 7 – Pressão atmosférica x altitude calculada. Fonte: autoria própria.

CÁLCULO DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA X ALTITUDE						
EQUAÇÃO BAROMÉTRICA						
Altitude	Δt 1/200 (°C/m)	$P_h = P_0 e^{-Mgh/RT}$			Queda de Pressão com Δ altitude	
	180	Calculado			Δ	média faixa
(m)	C	atm	(kgf/cm ²)	(hPa)	hPa/m	(hPa/m)
0	20,0	1,00	1,033	1013		
100	20,0	0,99	1,021	1002	-0,117	-0,113
200	19,4	0,98	1,009	990	-0,117	
300	18,9	0,97	0,997	978	-0,116	
400	18,3	0,95	0,986	967	-0,115	
500	17,8	0,94	0,974	955	-0,114	
600	17,2	0,93	0,963	944	-0,113	
700	16,7	0,92	0,951	933	-0,112	
800	16,1	0,91	0,940	922	-0,111	
900	15,6	0,90	0,929	911	-0,110	
1.000	15,0	0,89	0,917	900	-0,109	
2.000	14,4	0,79	0,814	799	-0,101	-0,105
3.000	8,9	0,70	0,718	704	-0,094	-0,098
4.000	3,3	0,61	0,630	618	-0,086	-0,090
5.000	-2,2	0,53	0,550	539	-0,079	-0,083
6.000	-7,8	0,46	0,477	468	-0,071	-0,075
7.000	-13,3	0,40	0,411	403	-0,064	-0,068
8.000	-18,9	0,34	0,352	346	-0,058	-0,061
9.000	-24,4	0,29	0,300	294	-0,052	-0,055
10.000	-30,0	0,25	0,253	248	-0,046	-0,049

Elaboração: Wilson Picler

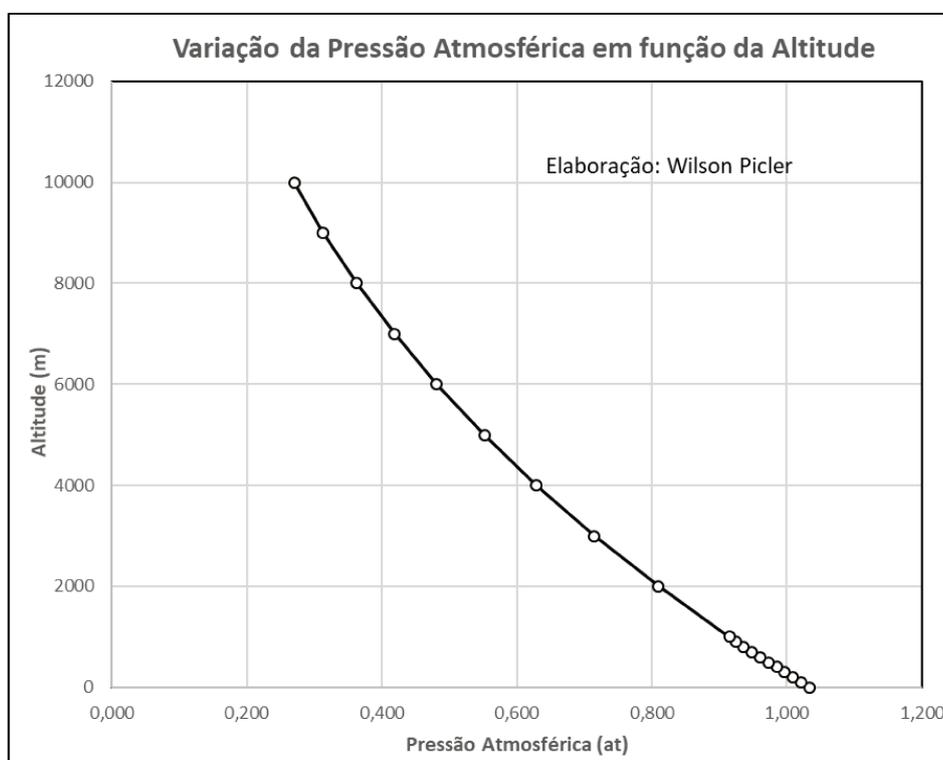


Figura 25 – Pressão x Altitude. Fonte: autoria própria.

3.3.6 A ESCALA DE MILÍMETRO DE MERCÚRIO

O mercúrio é um metal pesado e que é líquido na temperatura ambiente, com seu ponto de fusão em 234,32 K (-38,83 °C). A densidade absoluta do mercúrio é de $\rho = 13.595,1 \text{ kg/m}^3$ (S.I.) (The Physics Hypertextbook).

Tabela 8 – Densidade absoluta da água e do mercúrio. Fonte: (The Physics Hypertextbook).

Substância	Densidade absoluta ou massa específica
Água	1.000 kg/m^3
Mercúrio	$13.595,1 \text{ kg/m}^3$

O mercúrio é 13,6 vezes mais pesado do que a água (Tabela 8), portanto, ao encher um tubo com mercúrio e embocá-lo (sem deixar escapar) dentro de um recipiente também cheio de mercúrio, a força da gravidade vai agir sobre a massa da coluna de mercúrio, provocando seu deslocamento. O vácuo formado no topo da ampola e a pressão exercida sobre a superfície de baixo, aberta, vão se contrapor provocando um equilíbrio. O vácuo puxa a coluna, evitando que desça, como em uma seringa, e a pressão atmosférica empurra a coluna do outro lado. A altura da coluna de mercúrio é medida em milímetros e independe do diâmetro do tubo.

No nível do mar, a altura da coluna, vide Figura 26, mede 760 mm, caracterizando a unidade mmHg (milímetros de mercúrio). $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 101.325 \text{ Pa} = 1,01325 \text{ ba}$. O vídeo que está disponível no link https://www.youtube.com/watch?v=GgBE8_SyQCU é uma excelente demonstração desse princípio. (www.amara.org, 2011).



Figura 26 – Barômetro de mercúrio. Fonte: pinterest.com.

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 101.325 \text{ Pa} = 1,01325 \text{ ba}$$

3.3.7 TABELA DE CONVERSÃO DE UNIDADES DE PRESSÃO

Tabela 9 – Tabela de conversão de unidades de pressão. Fonte: (Wikimedia Commons, 2019).

	Pa	bar	at	atm	Torr	psi
1 Pa	$\equiv 1 \text{ N/m}^2$	$= 10^{-5} \text{ bar}$	$\approx 10,2 \cdot 10^{-6} \text{ at}$	$\approx 9,87 \cdot 10^{-6} \text{ atm}$	$\approx 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ Torr}$	$\approx 145 \cdot 10^{-6} \text{ psi}$
1 atm	$= 101\,325 \text{ Pa}$	$= 1,01325 \text{ bar}$	$\approx 1,033 \text{ at}$	$\equiv 1 \text{ atm}$	$= 760 \text{ Torr}$	$\approx 14,696 \text{ psi}$
1 at	$= 98\,066,5 \text{ Pa}$	$= 0,980665 \text{ bar}$	$\equiv 1 \text{ kgf/cm}^2$	$\approx 0,968 \text{ atm}$	$\approx 736 \text{ Torr}$	$\approx 14,223 \text{ psi}$
1 bar	$= 100\,000 \text{ Pa}$	$\equiv 10^6 \text{ dyn/cm}^2$	$\approx 1,02 \text{ at}$	$\approx 0,987 \text{ atm}$	$\approx 750 \text{ Torr}$	$\approx 14,504 \text{ psi}$
1 Torr	$\approx 133,322 \text{ Pa}$	$\approx 1,333 \cdot 10^{-3} \text{ bar}$	$\approx 1,360 \cdot 10^{-3} \text{ at}$	$\approx 1,316 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$	$\equiv 1 \text{ mmHg}$	$\approx 19,337 \cdot 10^{-3} \text{ psi}$
1 psi	$\approx 6894,757 \text{ Pa}$	$\approx 68,948 \cdot 10^{-3} \text{ bar}$	$\approx 70,307 \cdot 10^{-3} \text{ at}$	$\approx 68,046 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$	$\approx 51,7149 \text{ Torr}$	$\equiv 1 \text{ lbf/in}^2$

Atmosfera técnica (at) é uma medida de pressão atmosférica definida como

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kg/cm}^2 \quad (9)$$

$$1 \text{ at} = 0,968 \text{ atm} \quad (10)$$

3.3.8 UMIDADE ABSOLUTA

A Umidade Absoluta é a massa de ar diluída no ar atmosférico medida em gramas por metro cúbico (g/m³). O ar na troposfera em especial mais próximo da superfície pode absorver uma quantidade finita de vapor de água, cujo limite é definido como ponto de orvalho ou de saturação que quando atingido ocorre a condensação que pode formar orvalho garoa ou chuva.

A Umidade Relativa (UR) é a razão entre a Umidade Absoluta (UA) e a Umidade de Saturação que pode ser expressa em pontos decimais ou em percentual.

Sabendo-se a umidade relativa do ar, a pressão atmosférica e a temperatura, pode-se determinar a quantidade de água **no estado de vapor** presente em um metro cúbico de ar (Silveira, 2018).

$$\text{Umidade Relativa (UR)} = \frac{\text{Umidade Absoluta (UA)} \frac{g}{m^3}}{\text{Umidade de Saturação do Ar (USat)} \frac{g}{m^3}} \quad (11)$$

$$\text{UR (\%)} = 100 \cdot \frac{UA}{USat} \quad (12)$$

A umidade absoluta pode ser calculada pela equação exponencial (13) (Silveira, 2018).

$$UA = UR. 1330 \frac{e^{(17,62T)/(T+243,12)}}{(T + 273,16)} \quad (13)$$

Na dificuldade de se calcular o valor da umidade absoluta utilizando a equação 13, pode-se utilizar o gráfico da Figura 24, que apresenta os valores de UA em g/m³ nos limites da saturação, a pressão atmosférica de 1013,25 hPa (1 atm), para diferentes temperaturas. Para tanto, basta multiplicar o valor encontrado no gráfico pela umidade relativa decimal, que é UR (%)/100.

Exemplo: deseja-se saber qual é a umidade absoluta em g/m³ do ar, a uma temperatura de 25%, pressão atmosférica de 1000 hPa e umidade relativa de 70%.

$$UR (\%) = 100. UR \quad (14)$$

$$UR = \frac{UR(\%)}{100} = \frac{70\%}{100} = 0,70 \quad (15)$$

Tanto no gráfico da Figura 20 como na Tabela 10, para uma temperatura (T) de 25,0 °C, encontra-se o valor de 23,1 g/m³ para a umidade absoluta de saturação (USat), portanto UA é 70% do valor da USat:

$$UA = UR. USat = 0,7 . 23,1 \frac{g}{m^3} = 16,1 \frac{g}{m^3} \quad (16)$$

$$\mathbf{UA = 16,17 g/m^3}$$

Outra forma é utilizar a equação psicrométrica (13). Para facilitar, pode-se programar a equação no Excel (17).

$$UA=A1*1330*EXP((17,62*A2)/(A2+243,12))/(A2+273,16) \quad (17)$$

$$\text{Para } A1=0,7 \text{ e } A2=25,0, \text{ tem-se } UA=0,7*23,06=16,14 \quad (18)$$

$$\mathbf{UA= 16,14 g/m^3}$$

Como é possível observar, o método do gráfico (Figura 27) ou da Tabela 10, oferecem precisão aceitável.

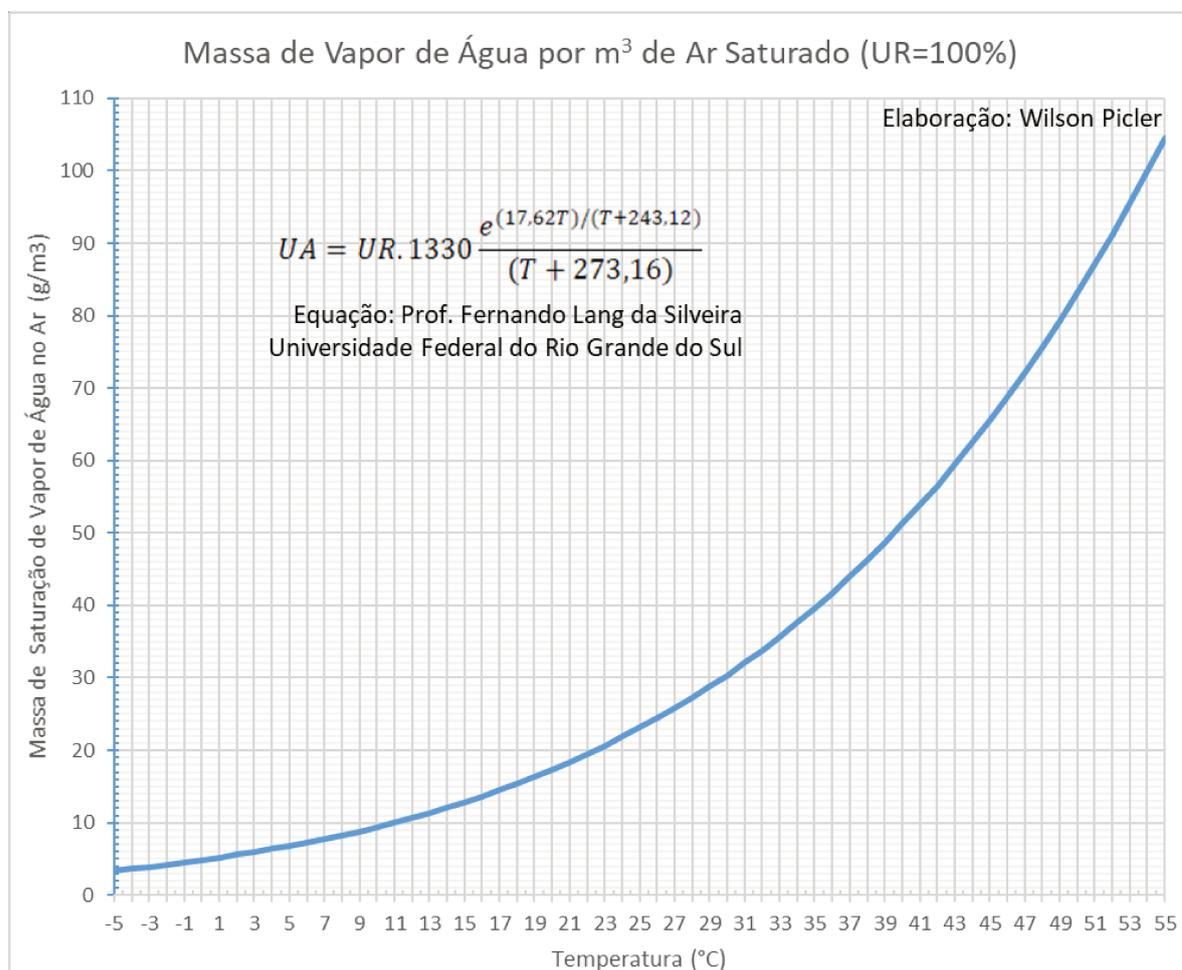


Figura 27 – Massa de vapor de saturação no ar x Temperatura. Fonte: autoria própria.

3.3.9 UMIDADE ABSOLUTA MÁXIMA DO AR x T

Tabela 10 - Massa de vapor de água em 1 m³ de ar saturado (UR=100%). (Silveira, 2018).

Temperatura (°C)	Umidade absoluta máxima (g/m ³)	Temperatura (°C)	Umidade absoluta máxima (g/m ³)
-5	3,4	26	24,4
-4	3,7	27	25,8
-3	3,9	28	27,2
-2	4,2	29	28,8
-1	4,5	30	30,4
0	4,9	31	32,1
1	5,2	32	33,8
2	5,6	33	35,7
3	6,0	34	37,6
4	6,4	35	39,6
5	6,8	36	41,7
6	7,3	37	43,9
7	7,8	38	46,2
8	8,3	39	48,7
9	8,8	40	51,2
10	9,4	41	53,8
11	10,0	42	56,5
12	10,7	43	59,4
13	11,4	44	62,4
14	12,1	45	65,5
15	12,8	46	68,7
16	13,6	47	72,1
17	14,5	48	75,6
18	15,4	49	79,3
19	16,3	50	83,1
20	17,3	51	87,1
21	18,3	52	91,2
22	19,4	53	95,5
23	20,6	54	99,9
24	21,8	55	104,6
25	23,1		

3.3.10 VARIAÇÕES PSICROMÉTRICAS

Para se obter uma precisão nas correções com os parâmetros atmosféricos, é necessário estar atento às variações que ocorrem durante o dia e à noite. Um trabalho extensivo de coleta de dados para compor uma base estatística pode demorar o dia todo, às vezes, até dias. Nesse sentido, é necessário checar, a cada coleta, as condições atmosféricas do momento.

As Figuras 28 e 29 exibem os dados dos dias 18 e 19 de dezembro de 2018, da Estação Meteorológica do Simepar (Sistema Meteorológico do Paraná), posicionada em Curitiba-PR.

Gráficos da Estação Curitiba

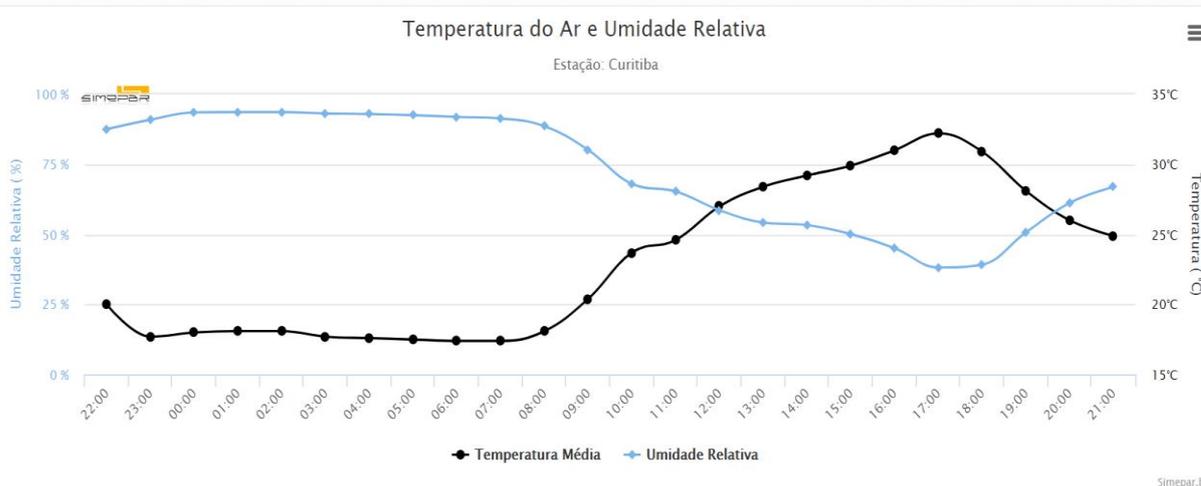


Figura 28 – Variação da temperatura e pressão atmosférica em Curitiba (19 dez. 2018).
Fonte: Simepar.

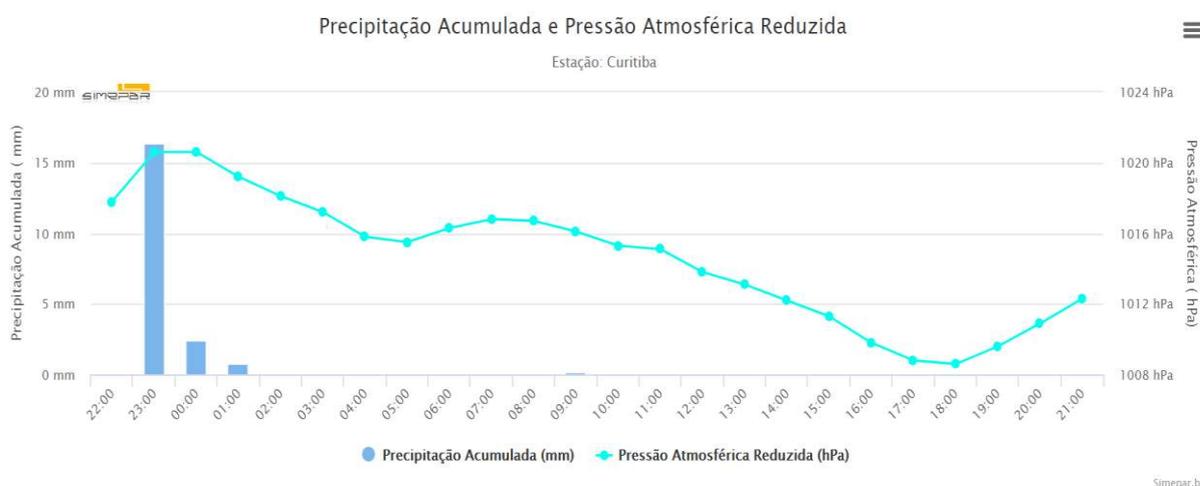


Figura 29 – Precipitação acumulada e pressão atmosférica em Curitiba (19 dez. 2018).
Fonte: Simepar.

3.4 GERADORES DE MUITO ALTA TENSÃO (MAT)

Existem diversos circuitos que atendem à necessidade de gerar impulsos de alta tensão. O foco nesse caso se atém ao circuito mais utilizado por praticantes de kirliangrafia e, em especial, o utilizado em equipamentos comerciais brasileiros, até mesmo para haver similaridade com os padrões utilizados.

Muitos autores internacionais, principalmente os mais antigos, reportam a utilização de bobinas de Tesla, em alguns casos, excitadas por válvulas termiônicas do tipo utilizado em televisores ou transmissores de ondas curtas, no entanto observa-se que os circuitos atuais utilizam dispositivos semicondutores em regime de comutação, em especial, os tiristores (SCRs, TRIACs etc.), transistores bipolares (*BJT-Bipolar Junction Transistor*) ou transistores de óxido metálico de efeito de campo (*MOSFET-Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor*).

3.4.1 INDUÇÃO DE ALTA TENSÃO

O princípio de funcionamento dos geradores de MAT é a **Lei de Farad**, na qual a tensão induzida (*Emf*) é igual ao número de espiras da bobina \times a variação (Δ) fluxo magnético (Φ) no intervalo de tempo Δt

$$Emf = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (19)$$

Em uma notação de cálculo diferencial, temos:

$$Emf = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (20)$$

Dessa equação, podemos abstrair que a tensão *Emf* será maior quanto maior for a variação do fluxo magnético $\Delta\Phi$. Também será maior quanto menor for o tempo necessário para produzir aquela variação de fluxo $\Delta\Phi$. Isso significa que há três formas de se induzir uma tensão alta:

1. Com um número (N) de espiras elevado.
2. Com uma variação de fluxo ($\Delta\Phi$) elevado.
3. Com um tempo de variação (Δt) muito pequeno.

Como se deseja produzir uma muito alta tensão (MAT), o ideal é combinar os três fatores.

Fluxo magnético é igual ao campo magnético (B) x a área transversal da bobina (A).

$$\Phi = B \cdot A \quad (21)$$

Substituindo, na equação anterior, temos:

$$Emf = -N \frac{d(BA)}{dt} \quad (22)$$

$$B = \mu \frac{N_p}{L_p} \quad (23)$$

$$Emf = -\frac{\mu A_p N_p}{L_p} \cdot \frac{dI_p}{dt} \cdot N_s \quad (24)$$

μ = permissividade magnética do núcleo de ferro silício ou ferrite;

A_p = área transversal do núcleo (refere-se ao tamanho do núcleo);

N_p = número de espiras do primário;

L = indutância da bobina primária;

N_s = número de espiras do secundário.

Uma grande variação de corrente I_p , em um intervalo de tempo muito pequeno (muito rápido), induz, na bobina de elevado número de espiras (N_p), uma muito alta tensão (MAT).

Observa-se que essa componente da equação $\left(\frac{\mu A_p N_p}{L_p}\right)$ refere-se às

características físicas do transformador – tipo de núcleo, área transversal do núcleo, número de espiras e indutância da bobina do circuito primário.

$\frac{dI_p}{dt}$ está, intrinsecamente, ligado às características do chaveamento.

A tensão induzida no secundário é determinada pelo produto, em que K_n expressa as características do circuito primário e N_s , o número de espiras do secundário.

$$E_s = K_n \frac{dI_p}{dt} \cdot N_s \quad (25)$$

Quanto maior a variação de corrente e menor o intervalo de tempo em que se deu essa variação e maior o número de espiras do secundário, maior será a tensão induzida no secundário (E_s).

Para gerar um fluxo magnético grande, utiliza-se uma bobina com poucas espiras, de fio grosso o suficiente para não limitar a corrente do primário, enroladas sobre um núcleo de material ferromagnético que tenha uma área adequada à quantidade de energia que se deseja armazenar no núcleo – pode-se utilizar núcleo de ferrite ou de ferro-silício.

Quando se aplica uma corrente (I) na bobina, ela provoca um campo magnético com fluxo concentrado no núcleo, fazendo com que os dipolos magnéticos do núcleo se alinhem ao máximo. Quando se interromper, subitamente, a corrente os dipolos magnéticos vão voltar, rapidamente, ao estado anterior, induzindo uma tensão no secundário. Uma vez que a bobina secundária tem um número elevado de espiras, a tensão induzida será elevada e pode ser mais elevada ainda se o dispositivo de chaveamento for muito rápido ao ligar e desligar. Isso se consegue utilizando-se transistores especiais de chaveamento rápido (*Fast Switch Transistors*), podendo ser tanto SCRs rápidos, transistores bipolares ou MOSFETs, muito comuns atualmente, por serem vastamente empregados nas fontes chaveadas de computadores e outros dispositivos. Quanto mais rápido for o chaveamento, maior será o pico de alta tensão gerado (Nave, 2016). A bobina secundária deverá ter um elevado número de espiras em relação à bobina primária e, devido à tensão ser elevada e o circuito de carga também demandar pouca corrente, pode ser empregado um fio bem fino na bobina secundária. A Figura 30 exhibe duas bobinas (secundária e primária), típicas de uso nos transformadores de alta tensão automobilísticos modernos do tipo caneta. A bobina secundária tem sete seções enroladas em um carretel plástico de alta rigidez dielétrica, com a finalidade de aumentar a capacidade de isolamento entre os enrolamentos.



Figura 30 – Bobina elevadora secundária à esquerda e primária, à direita. Fonte: (BWD, 2019).

3.4.2 TIPOS DE TRANSFORMADORES ELEVADORES

Existe uma diversidade de opções para os transformadores elevadores de tensão que geram os picos de MAT. Em geral, o modelo a ser escolhido depende da tensão de operação do circuito primário.

3.4.3 FERRITE DO TIPO FLY-BACK DE TELEVISORES CRT

Os transformadores elevadores de MAT com núcleo de ferrite em formato U (Figura 31) são os mais comuns em circuitos para fotografia Kirlian. São empregados em televisores com tubos de raios catódicos (*CRT – Cathode-Ray Tube*) e consistem em um primário, com aproximadamente 10 espiras, e um secundário, separado, com 1.000 a 2.000 espiras, dependendo do tipo de bobina de alta.

Considerando a aplicação de uma descarga capacitiva de 100 V sobre 10 espiras, tem-se 10 V/espira x 1.000 espiras do secundário, pode-se gerar uma MAT da ordem de 10 KV. Para que essa correlação seja válida, deve-se evitar a saturação do núcleo de ferrite com o emprego de entreferros – espaçadores de material não magnético, geralmente fenolite, plástico ou papel – entre as pernas do núcleo.



Figura 31 – Transformador elevador de tensão (MAT) tipo Fly-Back. Fonte: Luiz Lafersan.

3.4.4 BOBINAS DE IGNIÇÃO AUTOMOBILÍSTICAS

Um motor de combustão à gasolina, com uma taxa de compressão de 8 por 1, significa que o cilindro comprime oito vezes o volume de sua câmara total. Isso corresponde, dependendo do modelo/marca do veículo, a uma pressão de 120 (8,3 bar) PSI, como um Fiat Uno 1.3, à gasolina, a 290 PSI (20 bar), como um Gol 1.6, a álcool (www.kitest.com.br, 2008), o que corresponde, em média, a uma pressão de 14 atmosferas (atm).

A rigidez dielétrica da mistura ar/gasolina comprimida na câmara de combustão é de, aproximadamente, 15 kV/mm, aproximadamente, cinco vezes maior do que o ar; e considerando que uma vela de ignição tem um espaçamento entre eletrodos, em média, de 1 mm (Ida, 2015), são necessários, pelo menos, 15 kV para

ocorrer a faísca e, conseqüentemente, a ignição da mistura. Para que não ocorram falhas nesse processo, é necessário que a bobina produza uma tensão bem maior do que 15 kV/mm. De modo geral, os fabricantes informam, em seus catálogos de bobinas modernas, tensões entre 24 kV e 25 kV (Tabela 11).

Tabela 11 - Bobinas de ignição modernas. Fonte: (BWD, 2019).

WINDING RESISTANCE / INDUCTION AND OUTPUT VOLTAGE / SPARK ENERGY							
Part no.	Primary		Secondary		Output Voltage	Spark Energy	
	Resistance (mohms)	Inductance (mH)	Resistance (kohms)	Inductance (H)	50pf (Peak kV)	60 Hz (mV-S)	60 Hz (mJ)
BWD® E261	492	1.53	5.36	9.59	25.2	3.70	29.6
BWD® E262	489	1.49	5.28	9.47	25.2	3.74	29.9
Average BWD®	491	1.51	5.32	9.53	25.2	3.72	29.8
OE DG500	515	1.63	5.55	8.61	24.4	3.72	29.8
OE DG508	511	1.58	5.50	8.19	24.2	3.69	29.5
Average OE	513	1.61	5.53	8.40	24.3	3.71	29.7

3.4.5 BOBINA DE IGNIÇÃO TRADICIONAL

As Figuras 32 exibem uma bobina de ignição tradicional, projetada para operar com tensão do circuito primário de 12 Volts e tensão do secundário variando de 10kV a 50 kV, dependendo do modelo e do fabricante; para tanto, o enrolamento da bobina do circuito primário tem, em média, 30 a 35 espiras de fio grosso (AWG 20 a 28) e a bobina do secundário um número muito elevado de espiras de fio muito fino (AWG 40 a 42), da ordem de 20.000 a 40.000 espiras. A resistência do enrolamento primário varia, de acordo com o modelo, entre 0,5 Ω a 1,6 Ω e a resistência da bobina secundária varia de 16 k Ω a 5k Ω .



Figura 32 – Bobina de Ignição tradicional

Vantagens das bobinas Bosch		Outras bobinas com óleo
Cobre	Conector ▶ Resiste à corrosão. ▶ Tem maior condutividade. ▶ Garante fixação. ▶ Evita vazamentos por não utilizar óleo.	Latão com parafuso
Cobre com verniz	Mola ▶ Maior condutividade. ▶ Assegura boa condução.	Lâmina
Lâminas de aço/silício	Núcleo ▶ Núcleo mais robusto gera maior capacidade magnética, transferência de energia e eficiência.	Lâminas de aço
Fios encapados	Fios de ligação encapados ▶ Garantem maior segurança no funcionamento da bobina e consequentemente do motor do veículo.	Fios desencapados
Mais cobre	Enrolamentos ▶ Maior eficiência energética.	Menos cobre
Resina asfáltica	Isolante principal ▶ Melhor isolamento devido ao uso de asfalto. ▶ Mantém os enrolamentos fixos por não ter componentes soltos, evitando curto-circuito interno. ▶ Evita gotejamento. Funciona em qualquer posição (por não usar óleo). ▶ Maior potência de ignição garantindo uma boa ignição em todos os regimes de carga do veículo.	Óleo
Cerâmica	Isolante inferior ▶ Material cerâmico é mais resistente ao calor, possui melhor resistência mecânica e maior isolamento elétrico.	Plástico

Figura 32 A - Visão interna da bobina de ignição tradicional. Fonte: (Robert Bosch Ltda., 2016).

3.4.6 BOBINA DE IGNIÇÃO DO TIPO CANETA

Esse tipo de bobina (Figura 33), que vem substituindo os modelos tradicionais, tem tensão de operação de 12 V e é conectado, diretamente, nas velas de ignição. Em inglês, são denominadas *coil on plug*, bobina na vela, em português (BWD, 2019).



Figura 33 – Bobina de ignição moderna tipo caneta. Fonte: (BWD, 2019).

Alguns tipos de bobinas de ignição modernas já têm o transistor de chaveamento embutido, como no modelo abaixo (Figura 34).



Figura 34 – Bobina de ignição com transistor interno. Fonte: (BWD, 2019).

3.4.7 BOBINA DE TESLA

Outro tipo de transformador de MAT é a bobina de Tesla, na qual a bobina secundária consiste em um tubo de material isolante, geralmente PVC, com milhares de espiras dispostas uma ao lado da outra, ao longo do tubo (Figura 35).



Figura 35 – Bobina de Tesla (Ciência Prima, 2019).

3.4.8 DISPOSITIVOS DE CHAVEAMENTO

Existem muitos tipos de circuitos de chaveamento empregados para geração de MAT. O mais difundido utiliza um circuito de descarga capacitiva em um transformador elevador, geralmente, do tipo de saída horizontal de televisores com tubos de raios catódicos (TRC), conhecidos por flybacks. Na realidade, o termo flyback refere-se ao tipo de chaveamento em que a energia é armazenada em forma de campo magnético no núcleo do transformador e, quando a corrente do circuito primário é interrompida, o campo magnético tende a retornar ao estado inicial e induz uma tensão na bobina do circuito secundário.

Os circuitos de TVs com TRC utilizavam esse tipo de chaveamento para gerar a MAT para o anodo do tubo. O termo MAT também vem dos circuitos dessas TVs, justamente, para causar efeito de precaução (cuidado Muito Alta Tensão). A MAT de TVs em preto e branco era da ordem de 18kV, já os televisores coloridos trabalhavam com uma MAT da ordem de 25 kV.

3.4.9 CIRCUITOS DE DESCARGA CAPACITIVA C/ SCR

Os circuitos de descarga capacitiva são amplamente utilizados em circuitos populares de máquinas Kirlian e receberam esse nome porque, como já foi apresentado, para gerar picos de alta tensão, utiliza-se o recurso de gerar altos transientes de corrente sobre um circuito magnético fechado (núcleo magnético). Para gerar esse elevado Di/dt , recorre-se ao tradicional condensador (capacitor), cujo papel é fornecer uma elevada corrente no instante do disparo. A corrente, no momento inicial da descarga, é limitada pela tensão de carga e pela resistência série equivalente (*ESR-Equivalente Série Resistance*) do capacitor, pela resistência da fiação de conexão e pela resistência do enrolamento primário. Para tanto, deve-se utilizar capacitores novos e de boa qualidade. A Figura 36 exhibe a medida de um capacitor de polipropileno metalizado (MKP), de 1,5 $\mu\text{F}/400\text{V}$, com uma R_s de apenas 0,00743 Ω .



Figura 36 –Ponte LCR Euclid U2837. Medição de resistência série (R_s). Fonte: autoria própria.

3.4.10 ANÁLISE DE UM CIRCUITO DE DESCARGA CAPACITIVA

Para compreender melhor esse tipo de gerador MAT, foi feito um modelo *LTspice* (Figura 37) para simular o seu funcionamento. Nesse circuito, o resistor (R_1) carrega o capacitor (C_1). O gerador de pulsos – formado pelo circuito do TUJ1, com frequência de repetição (FR) ajustável entre 100 Hz e 1.000 Hz – dispara o SCR por meio do transformador de pulsos – formado pelas bobinas L_3 e L_4 – que, além de aplicar pulsos de disparo no *gate* do SCR, serve também para isolar o circuito de chaveamento, com tensões da ordem de 50 a 200 V do circuito de baixa tensão do próprio gerador de pulsos e demais circuitos de controle.

O SCR, ao disparar (conduzir), descarrega C_1 sobre a bobina primária L_1 de 10 espiras enroladas sobre um núcleo de ferrite do tipo flyback; a bobina do circuito secundário (L_2) desse transformador tem entre 1.000 a 3.000 espiras e transforma o pulso da descarga do capacitor C_1 em pulsos de MAT da ordem de 5 a 20 kV.

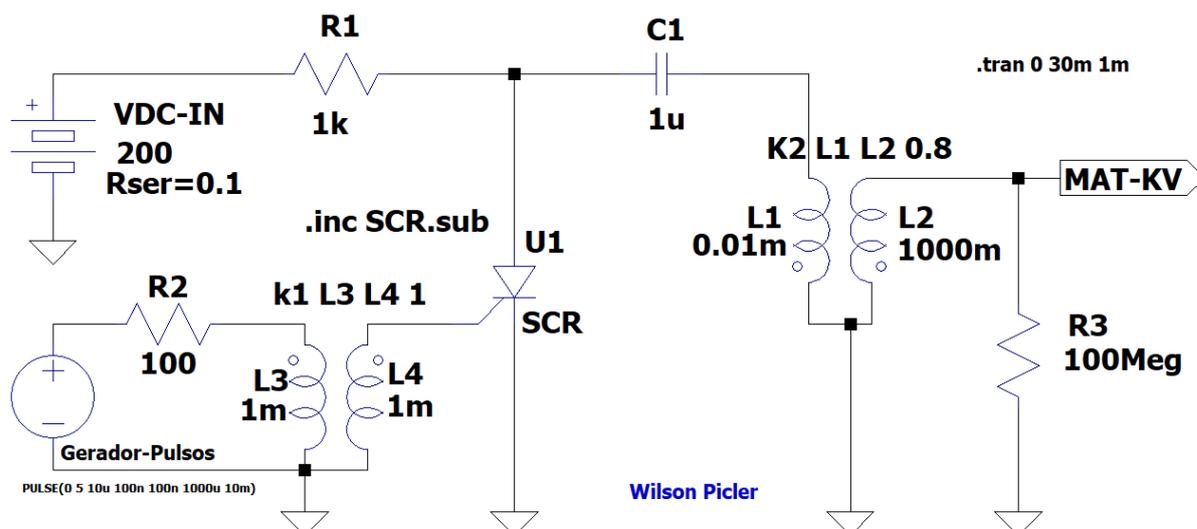


Figura 37 – Circuito gerador de MAT c/ SCR – Modelo p/ simulação LTSpice. Fonte: autoria própria.

Esse tipo de circuito funciona bem para frequências de repetição relativamente baixas, os ensaios demonstraram que, para a frequências além de 200Hz, para $C1=1\mu\text{F}$ e $R1=1\text{k}\Omega$, observa-se uma progressiva queda no valor da MAT gerada.

A simulação *spice* revelou uma variação de corrente muito alta e rápida, da ordem de 50 A, coincidente com os pulsos de MAT gerados, como ilustram a Figura 38 e a Figura 39.

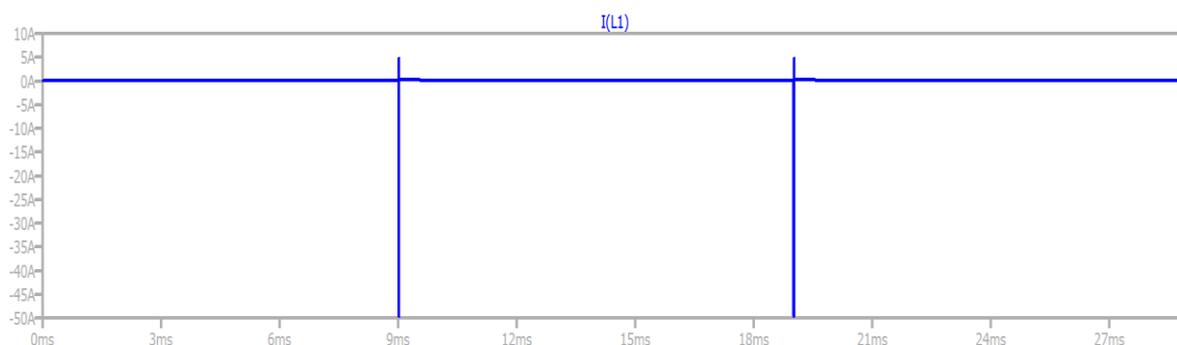


Figura 38 – Variação de corrente na bobina L1. Fonte: autoria própria.

A simulação apresenta uma indução de MAT da ordem de 70 kV (Figura 39).

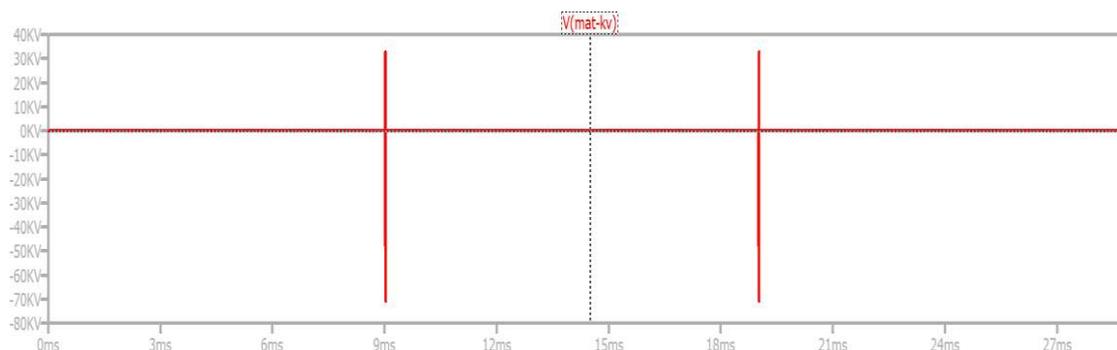


Figura 39 – Indução de uma MAT de - 70kV em L2. Fonte: autoria própria.

Análise de simulação do circuito com o programa *LTspice* revelou que a frequência fica limitada devido ao tempo necessário para C1 carregar plenamente. A constante de tempo para a carga de, aproximadamente, 99,999% de VDCIN é dada por $5R1C1$. Para $R=1k\Omega$ e $C=1\mu F$, a constante de tempo RC é de 1 ms. $5RC=5ms$, portanto limitando a frequência de repetição em (Equação 26):

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{5RC} = \frac{1}{5} = \frac{1}{1k\Omega \cdot 1\mu F} = \frac{1}{5ms} = 200 s^{-1} = \mathbf{200 Hz} \quad (26)$$

Para operação com tempo suficiente para plena carga do capacitor, a frequência de repetição fica, portanto, limitada em 200 ciclos por segundo (200 Hz). Com esses valores ($R=1k\Omega$ e $C=1\mu F$), à medida que a frequência é aumentada para além de 200 Hz, percebe-se que o valor da MAT decai consideravelmente, por insuficiência de tempo para a carga plena do capacitor.

A Figura 40 ilustra a carga de C1 para uma frequência de repetição dos pulsos de 100 Hz. Percebe-se que o capacitor carrega até atingir o valor de VDCIN de 200V.

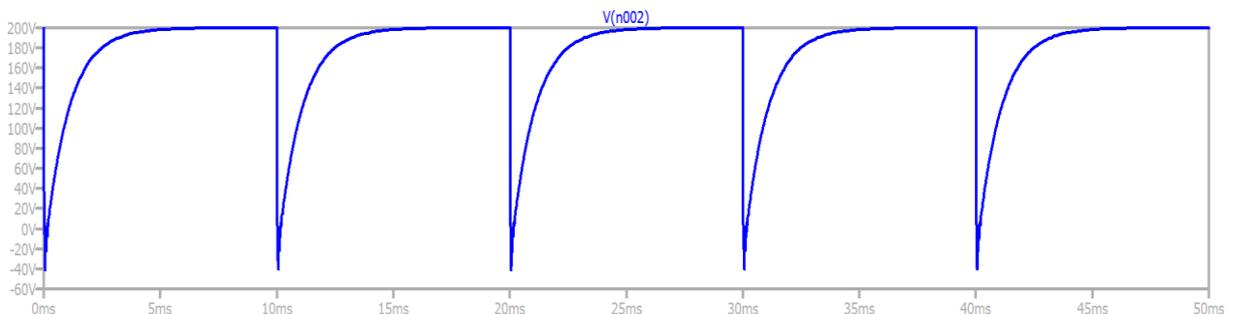


Figura 40 – Carga/descarga do capacitor pelo SCR/Simulação Spice ($1\mu F$, $1k\Omega$, 100 Hz).
Fonte: autoria própria.

A Figura 41 ilustra a carga de C1 para uma frequência de 200 Hz, observa-se que a tensão atinge um valor ligeiramente inferior a VDCIN de 198,6V (-0,7%).

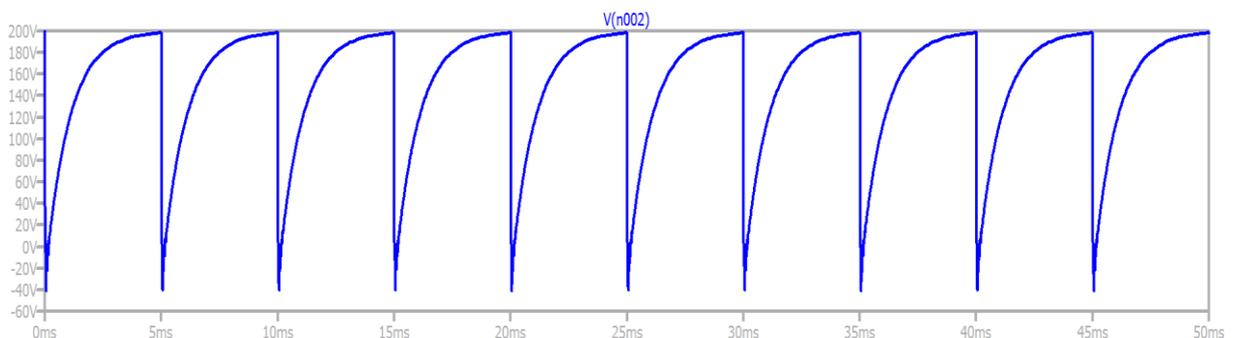


Figura 41– Carga/descarga do capacitor pelo SCR/Simulação Spice ($1\mu F$, $1k\Omega$, 200 Hz).
Fonte: autoria própria.

A Figura 42 ilustra a carga de C1 para uma frequência de 1000 Hz, observa-se que a tensão atingiu apenas 115 V, equivalente a 57,5% da tensão VDCIN (200 V).

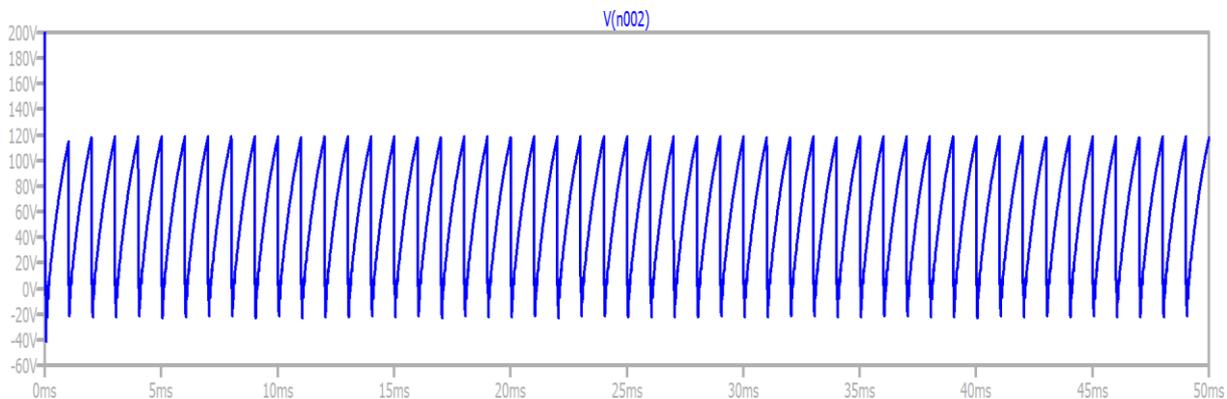


Figura 42 – Carga/descarga do capacitor pelo SCR/Simulação Spice ($1\mu\text{F}$, $1\text{k}\Omega$, 1000 Hz). Fonte: autoria própria.

3.4.11 CIRCUITO DE CHAVEAMENTO DA BOBINA

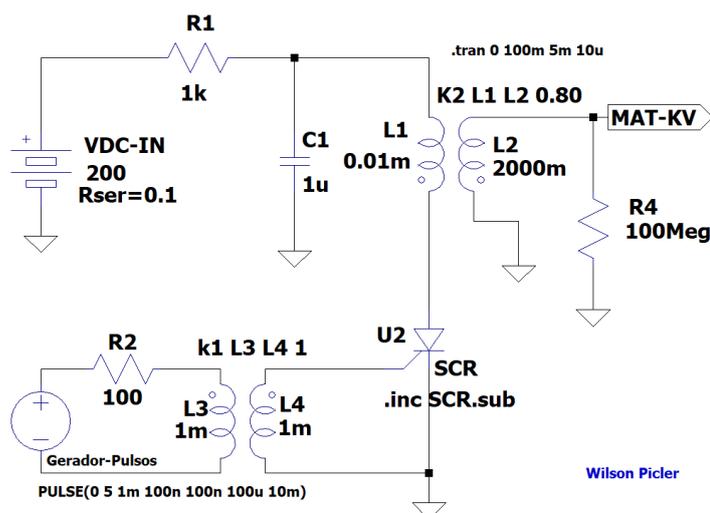


Figura 43 – Circuito de chaveamento da bobina. Fonte: autoria própria.

A limitação de carga e descarga de C1 se repete igualmente para o circuito da Figura 43, de chaveamento da bobina, conforme simulação (Figura 44 e 45).

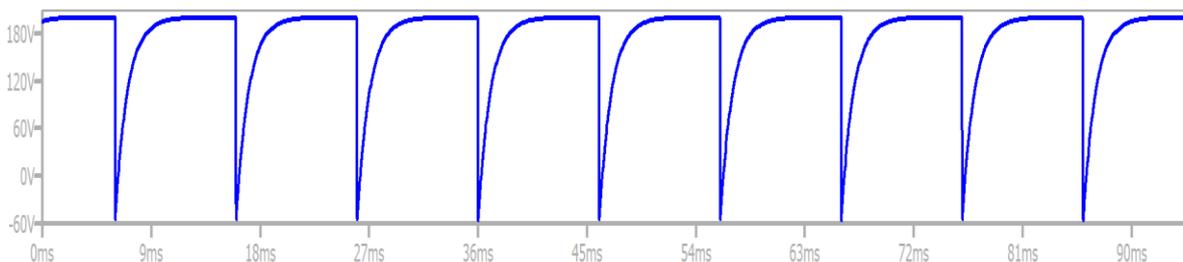


Figura 44 – Circuito chaveamento de bobina ($C1=1\mu\text{F}$, $R1=1\text{k}\Omega$, $FR=100\text{Hz}$). Fonte: autoria própria.

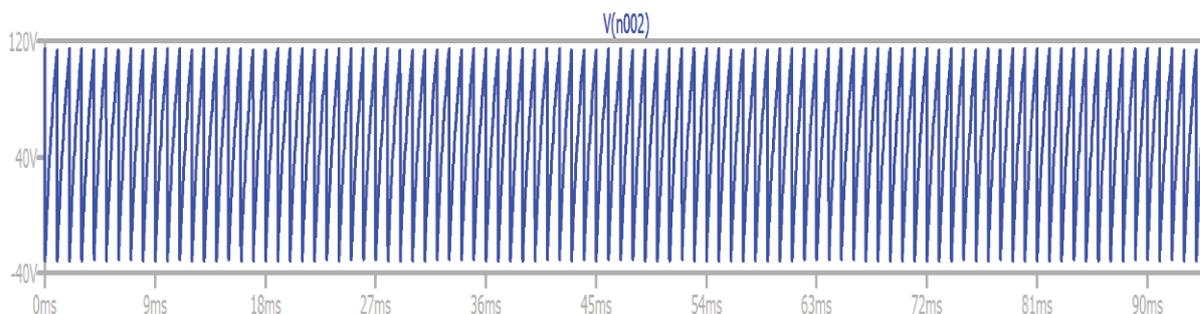


Figura 45 - Circuito chaveamento de bobina ($C1=1\mu\text{F}$, $R1=1\text{k}\Omega$, $FR=1000\text{ Hz}$). Fonte: autoria própria.

Um circuito de chaveamento da bobina bastante popular é o do equipamento denominado pirilampo, desenvolvido pelos engenheiros Luiz Otávio Saraiva Ferreira e Eduardo Tavares Costa, juntamente com o engenheiro Hernani Guimarães Andrade, do IBPP - Instituto Brasileiro de Pesquisas Psicobiológicas (Revista Planeta n. 111, 1981).

3.4.12 CIRCUITO DE DESCARGA CAPACITIVO PRÁTICO

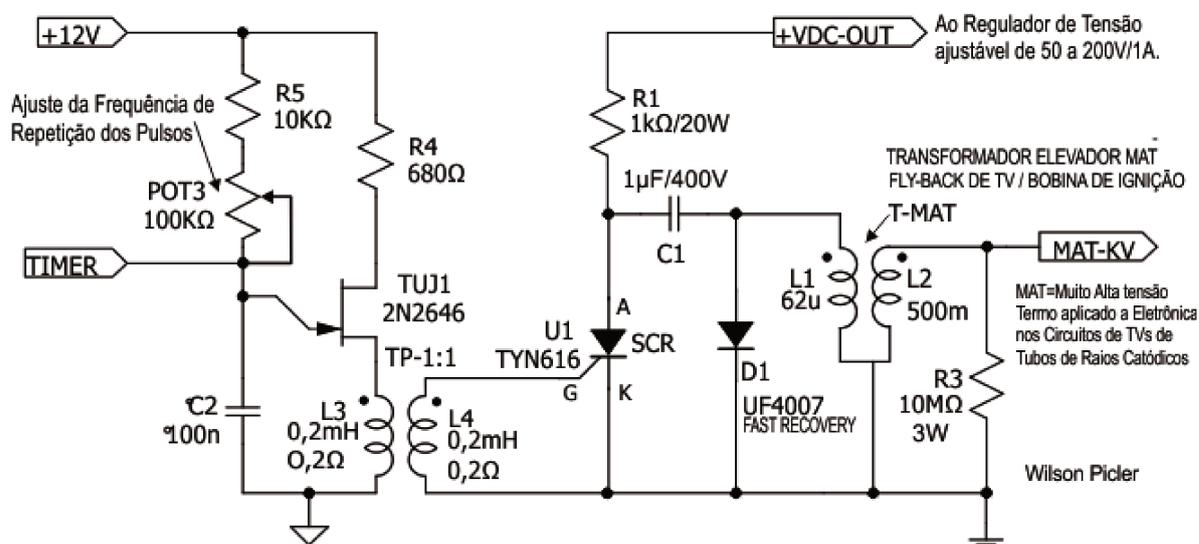


Figura 46 – Esquema elétrico do gerador com TUJ e SCR. Fonte: autoria própria.

A

Figura 47 exibe a placa montada do circuito da

Figura 46. Nela, pode-se observar o transistor unijunção TUJ1, o transformador de pulso TP-1:1, o SCR afixado em um dissipador de calor, o resistor R1 de 1K, de encapsulamento cerâmico, e o capacitor de poliéster metalizado (azul) (C1).

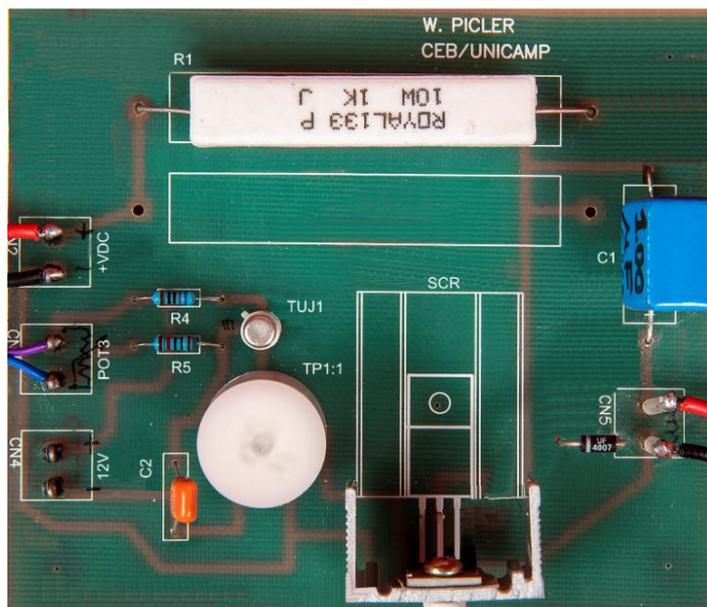


Figura 47 Gerador MAT com oscilador TUJ e SCR. Fonte: autoria própria.

Esse circuito funcionou dentro de suas limitações, com pleno êxito e serviu para diversos ensaios com alta tensão, inclusive, para obtenção de kirliangrafia, com taxas de repetição da ordem de 100 Hz a 200 Hz. O circuito montado pode ser facilmente configurado para qualquer uma das opções de chaveamento do capacitor C1 dos circuitos das Figuras 35 e 44, ou chaveamento da bobina (Figura 43).

Para aumentar a frequência de repetição dos pulsos (FR) com os circuitos de descargas capacitivas com SCR, pode-se baixar o valor do capacitor de 1 μF para 470 nF e reduzir o resistor R1 para 500 Ω , o que ocasionaria dois efeitos:

- a) menor energia na descarga ($U = \frac{1}{2} C \Delta V^2$). Neste quesito da energia da descarga, foram conduzidas experiências com diversos valores de capacitores. Chegou-se à conclusão que 1 μF é suficiente para uma descarga moderada. Capacitores de 470 nF demonstraram produzir uma faísca mais fraca. Aumentando-se a capacitância para 2,2 μF , com capacitores de polipropileno de baixo ESR, a uma frequência de repetição baixa (100 Hz), observou-se que a faísca ficava mais intensa (grossa) e emitindo um estalido bem mais forte, a ponto de assustar e causar choques doloridos. Torna-se perigoso aumentar esse capacitor para além de 1 μF . Cabe salientar que a causa da fibrilação no coração é a corrente que passa por ele. Energia é potência x tempo. Aumentar a energia armazenada no capacitor, significa aumentar a

capacidade de fornecer corrente, por um dado intervalo de tempo (curto) quando demandada pela lei de Ohm.

b) diminuir o resistor R1 tem o risco do SCR conduzir permanentemente, devido à corrente DC ser alta e atingir o limite da corrente de manutenção do SCR, que mantém o SCR conduzindo uma corrente contínua (I_{DC}). Experiências mostraram que esse resistor pode ser baixado até 500Ω , pois, abaixo desse valor, o circuito torna-se pouco confiável e, de fato, na maioria das tentativas de ligá-lo, ele não gera MAT e conduz diretamente, aquecendo R1.

Para contornar esse problema, foi projetado um gerador de MAT com base em um CI com duas saídas PWM, conectadas a MOSFETs de chaveamento de alta tensão, que será amplamente abordado na seção 6.8 desta dissertação.

Uma vez apresentados os princípios de geração de alta tensão, há a necessidade de abordar, com a devida acuidade, o funcionamento dos filmes fotográficos, que, dada a importância, será objeto do próximo capítulo.

3.5 FILMES FOTOGRÁFICOS

A pesquisa em tela concentra-se nas aberrações cromáticas que surgem nas kirliangrafias que utilizam filmes fotográficos (Figura 48), portanto é necessária a compreensão da composição e do funcionamento das películas fotográficas, em especial, quanto à formação de cores nos filmes fotográficos.



Figura 48 – Película fotográfica de 35 mm negativa revelada. Fonte: Cameraneon.com.

3.5.1 FOTOQUÍMICA DOS SAIS DE PRATA

Halogeneto de prata, haleto de prata ou, simplesmente, sal de prata, é um dos principais compostos derivados da reação química entre a prata e os halogênios. Sua importância justifica-se por ser uma substância fotossensível, ou seja, que muda suas características visuais com a incidência da luz visível, constituindo o principal elemento dos filmes fotográficos. Os halogênios são os elementos que compõem o grupo 7A da Tabela 12).. São eles: flúor (F), cloro (Cl), bromo (Br), iodo (I), astato (At) e tenessínio (Uus - Unuséptio), este último muito raro e radioativo

Tabela 12 – Tabela periódica dos elementos químicos - Grupo 7A, halogênios.
Fonte: tabelaperiodicacompleta.com

1A																	8A		
1																	2		
1	H Hidrogênio																	He Hélio	
2	3	4																	10
2	Li Lítio	Be Berílio																	Ne Neônio
3	11	12																	18
3	Na Sódio	Mg Magnésio	3B	4B	5B	6B	7B	8B		1B	2B	3A	4A	5A	6A	7A	18		
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
4	K Potássio	Ca Cálcio	Sc Escândio	Ti Titânio	V Vanádio	Cr Cromo	Mn Manganês	Fe Ferro	Co Cobalto	Ni Níquel	Cu Cobre	Zn Zinco	Ga Gálio	Ge germânio	As Arsênio	Se Selênio	Br Bromo	Kr Criptônio	
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
5	Rb Rubídio	Sr Estrôncio	Y Ítrio	Zr Zircônio	Nb Nióbio	Mo Molibdênio	Tc Tecnécio	Ru Rutênio	Rh Ródio	Pd Paládio	Ag Prata	Cd Cádmio	In Índio	Sn Estanho	Sb Antimônio	Te Telúrio	I Iodo	Xe Xenônio	
6	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
6	Cs Césio	Ba Bário	*	Hf Háfnio	Ta Tântalo	W Tungstênio	Re Rênio	Os Ósmio	Ir Íridio	Pt Platina	Au Ouro	Hg Mercúrio	Tl Tálio	Pb Chumbo	Bi Bismuto	Po Polônio	At Astato	Rn Radônio	
7	87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	
7	Fr Frâncio	Ra Rádio	**	Rf Rutherfordio	Db Dúbnio	Sg Seabórgio	Bh Bóhrnio	Hs Hássio	Mt Meitnério	Ds Darmstádio	Rg Roentgênio	Cn Copernício	Uut Ununtrio	Uuq Ununquádro	Uup Ununpentio	Uuh Ununhécio	Uus Unuséptio	Uuo Ununoctio	
			*	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	
			*	La Lantânio	Ce Cério	Pr Praseodímio	Nd Neodímio	Pm Promécio	Sm Samário	Eu Európio	Gd Gadolínio	Tb Térbio	Dy Disprósio	Ho Hólmio	Er Érbio	Tm Túlio	Yb Ítérbio	Lu Lutécio	
			**	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	
			**	Ac Actínio	Th Tório	Pa Protactínio	U Urânio	Np Neptúncio	Pu Plutônio	Am Amérvio	Cm Cúrio	Bk Berquélio	Cf Califórmio	Es Einstênio	Fm Férmio	Md Mendelévio	No Nobelíio	Lr Laurêncio	

Os **haleto de prata** mais comuns podem ser formados com a reação entre a prata e qualquer um dos quatro primeiros halogênios, como segue:

- **Brometo de prata (AgBr)**
- **Cloreto de prata (AgCl)**
- **Iodeto de prata (AgI)**
- **Fluoreto de prata (AgF)**

3.5.3 IMAGEM LATENTE

Quando há incidência de luz, algumas partículas dos cristais do sal de prata sofrem alterações e transformam-se em minúsculos pontos de prata metálica. Esse é o princípio ativo dos filmes fotográficos, um processo denominado formação da **imagem latente**, perceptível apenas ao microscópio eletrônico.

As dimensões dos cristais de haleto de prata (Figura 49) variam de 0,1 μm , para emulsões mais lentas, a alguns micrometros, para mais rápidas e sensíveis.

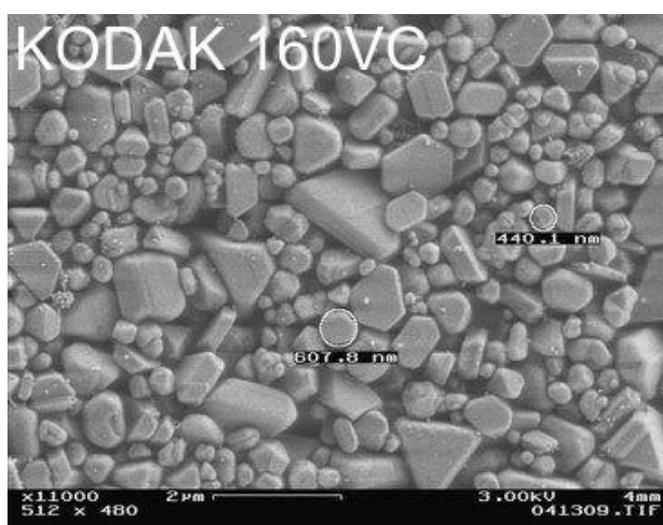


Figura 49 – Microscopia eletrônica de cristais de haleto de prata. Fonte: Kodak.

A indústria fotográfica desenvolveu, ao longo dos séculos, inúmeros elementos dopantes que, quando misturados aos haletos de prata, alteram as propriedades fotossensíveis, tornando essas substâncias mais ou menos sensíveis. Normalmente, os cristais de haleto de prata apresentam uma estrutura cristalina cúbica (Figura 50).



Figura 50 – Cristal de haleto de prata cúbico. Fonte: Haslego.

Um dos avanços tecnológicos mais surpreendentes na indústria fotográfica foi a produção de cristais de haleto de prata tabulares achatados (*tablets*) (Figura 51), alinhados para produzir maior superfície sensível (Figuras 52 e 53), que resultou em mais eficiência dos filmes e redução de custos na sua industrializaçã (Haslego, 2010).



Figura 51 – Cristal de haleto de prata de geometria tabular (*Tablet*). Fonte: Haslego.

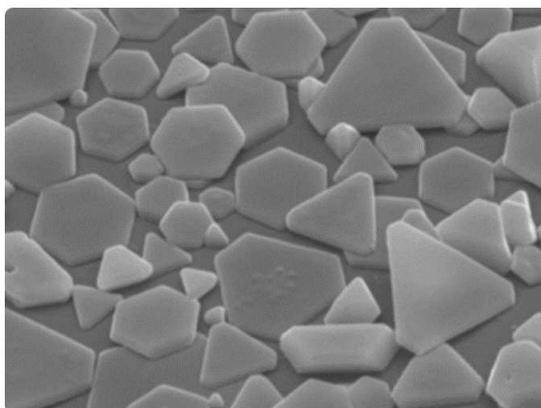


Figura 52 – Microscopia eletrônica de cristais de haleto de prata tabulares. Fonte: Kodak.

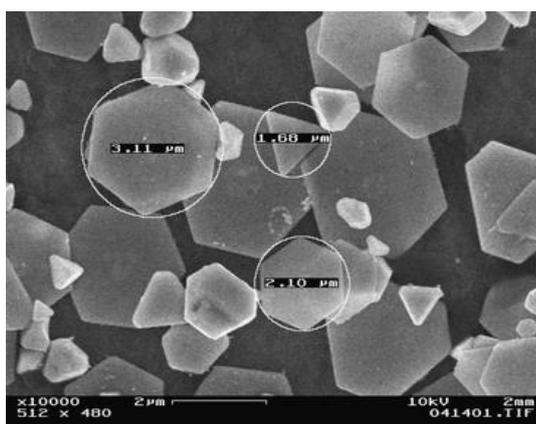


Figura 53 – Mensuração dos cristais: 1,68 µm; 2,10 µm e 3,11 µm. Fonte: Kodak.

3.5.4 PELÍCULA FOTOGRÁFICA

Para se fazer uma película fotográfica, os cristais do sal de prata são misturados a uma gelatina, que é, então, depositada sobre um substrato, podendo ser vidro, papel ou plástico. A gelatina age como um colóide fixador e protetor das qualidades químicas do elemento fotossensível, no caso, haleto de prata. Nos filmes de poliéster, ao final da aplicação e da secagem, forma-se ao todo uma película plástica flexível, com aproximadamente 0,25 mm de espessura.

O texto que segue, elaborado pela Kodak, explica o processo de acoplamento de cor aos cristais de prata:

Na fotografia a preto e branco, a prata metálica reduzida forma a imagem. Na fotografia colorida, o revelador oxidado é usado para criar uma imagem colorida em registro com a prata sensibilizada e revelada. Por uso comum, o termo "emulsão" denota o que é realmente uma dispersão de pequenos cristais de haleto de prata (grãos) em gelatina. Embora a estrutura das redes de Brometo de Prata (AgBr) e de Cloreto de Prata (AgCl) sejam centradas na face cúbica, uma enorme variedade de formas cristalinas pode ser obtida, dependendo do número e da orientação dos planos gêmeos e das condições durante o crescimento.

Para aumentar essa complexidade, os cristais em emulsões comerciais geralmente contêm fases de halogenetos mistos. Filmes adequados para uma câmara de mão geralmente contêm bromiodeto de prata, no qual íons iodeto são incorporados na rede AgBr durante o crescimento do cristal.

A fotografia prática é possível desde condições de luz solar intensa até iluminação noturna. Essas condições abrangem um fator de cerca de 10⁵ em iluminância e devem ser acomodadas pela combinação de velocidade do obturador da câmara, abertura da lente e velocidade do filme.

A sensibilidade à luz, ou velocidade fotográfica, é um dos atributos mais importantes da emulsão. A sensibilidade intrínseca é tipicamente aumentada durante a fabricação por um tratamento térmico na presença de pequenas quantidades de compostos de enxofre e ouro (sensibilização química). Os corantes orgânicos, geralmente corantes de cianina, são então aplicados à superfície do cristal para estender a sensibilidade básica de UV e azul para outras cores no espectro visível (sensibilização espectral).

Camadas diferentes em um filme colorido contêm emulsões que foram tingidas para responder seletivamente à luz azul, verde e vermelha, possibilitando a fotografia colorida.

A emulsão de haleto de prata literalmente "define o cenário" para os subsequentes processos químicos complexos que levam à formação de uma imagem colorida. O desafio perene para os cientistas de emulsão da Kodak é aumentar a velocidade do filme, mantendo a qualidade da imagem e mantendo o desempenho (Kodak, s.d.).

3.6 SENSIBILIDADE ESPECTRAL

Em termos práticos, a sensibilidade à radiação dos halogenetos de prata vai até cerca de 525 nm. Na Figura 54, a curva em magenta ilustra a sensibilidade espectral de uma emulsão de bromo-iodeto de prata típica e a curva em amarelo ilustra a resposta espectral visual humana média. Como mostram as curvas, a resposta máxima do olho é no verde amarelado, próximo de 550 nm, que está além da faixa de sensibilidade da emulsão, muito mais sensível ao violeta e ao azul do que a visão humana.

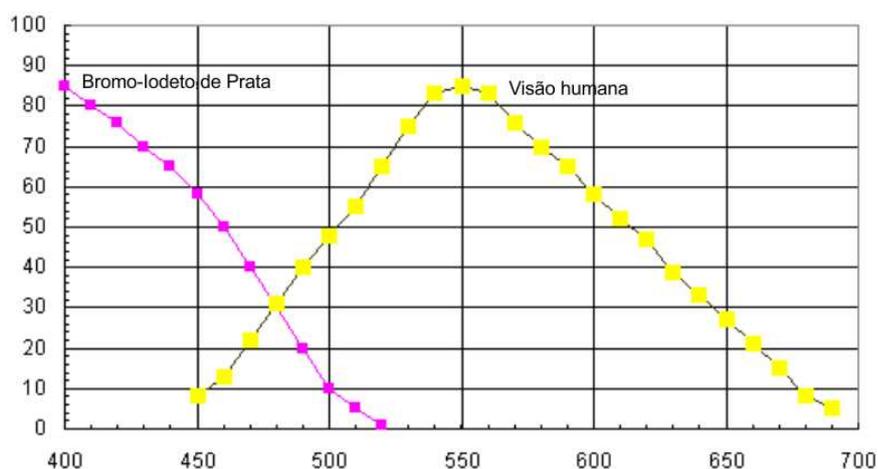


Figura 54 – Sensibilidade espectral do bromo-iodeto de prata x Visão humana. Fonte: Haslego.

A sensibilidade dos halogenetos de prata pode ser estendida à radiação de comprimentos de onda mais longos pela adição de corantes ou "sensibilizadores de cor". Embora referidos como corantes, os sensibilizadores de cor não são corantes comuns, pois não são usados para colorir tecidos ou outros materiais (Haslego, 2010).

A sensibilização por emulsão resulta da absorção de energia radiante pelo corante, em um comprimento de onda que, normalmente, não afetaria o haleto de prata e a transferência dessa energia de "exposição" para o haleto de prata para formar uma imagem latente e tornar o grão afetado revelável. Se um corante é um sensibilizador, então, a sua ação depende das características de absorção do complexo sensibilizante de cor absorvida com halogeneto de prata, o que pode ser bastante diferente da absorção do próprio corante.

Como a sensibilidade desses corantes varia muito, muitas vezes, é necessário usar uma combinação de materiais para obter um resultado específico. Algumas combinações, no entanto, não funcionam bem juntas, de modo que o equilíbrio do sistema deve ser, cuidadosamente, estudado antes que a composição final da emulsão seja determinada. Existem substâncias que podem, ou não, ser sensibilizantes, mas aumentam, significativamente, a ação sensibilizadora de outros corantes. Esses são conhecidos como supersensibilizadores e são de considerável importância para facilitar o uso de corantes sensibilizadores convencionais. Qualquer que seja o corante utilizado, a quantidade necessária é sempre muito pequena (Haslego, 2010).

3.6.1 REVELAÇÃO

A revelação da imagem aos olhos nus, mesmo que negativa, é um processo de amplificação da imagem latente, em que uma reação de óxido-redução ocorre, transformando os microscópicos pontos de prata metálica, produzidos pela fotossensibilização, em macropontos de prata metálica escura. A taxa de processamento (desenvolvimento ou revelação) dos grãos individuais é afetada por muitos fatores, tais como: a taxa de difusão da solução através da matriz de gelatina; a adsorção do agente revelador; a solubilidade do haleto de prata; produtos de oxidação do agente em desenvolvimento e o acúmulo de subprodutos restritivos.

O tempo de aparecimento de uma imagem visível é, dentro dos limites, uma indicação confiável da taxa de desenvolvimento. Varia com diferentes emulsões e é bastante diferente com diferentes agentes em desenvolvimento, mas a variação com temperatura, diluição e pH está quase diretamente relacionada à variação na taxa de desenvolvimento. A taxa de desenvolvimento, determinada pela mudança na densidade óptica da imagem desenvolvida, é complicada pelo fato de que a densidade aumenta de duas maneiras diferentes:

- a. pelo aumento na quantidade de prata à medida que os grãos se desenvolvem;
- b. pelo aumento do número de grãos no processo de desenvolvimento.

A densidade cresce rapidamente a princípio e, então, desacelera até que o desenvolvimento esteja completo e não haja mais crescimento na densidade. O desenvolvimento prolongado, naturalmente, aumentaria a densidade total pelo desenvolvimento de grãos não expostos, causando o surgimento de uma névoa em toda a fotografia (Haslego, 2010).

3.6.2 INTERRUPTÃO DA REVELAÇÃO

Uma vez que a imagem exposta tenha sido desenvolvida no grau desejado, é necessário interromper, rapidamente, o processo químico para evitar o excesso de desenvolvimento e a produção de névoa. A solução usada para esse fim é referida como banho interruptor. Como os desenvolvedores funcionam com um pH relativamente alto, o banho de interrupção típico é, simplesmente, uma solução de ácido acético ou outro ácido fraco. A ação do ácido é tão rápida que, normalmente, requer apenas alguns segundos para que o processo seja efetivamente interrompido. (Haslego, 2010).

3.6.3 FIXAÇÃO

Uma vez obtida a imagem desenvolvida, grande quantidade de haleto de prata não exposto e não desenvolvido permanece na emulsão. Se esse haleto de prata não for removido antes que a imagem seja exposta à radiação capaz de produzir uma imagem latente, a imagem continuará a escurecer. O processo de remover o haleto de prata residual da imagem é chamado de *fixação*. Os haletos de prata são apenas ligeiramente solúveis em água; portanto, para remover o material remanescente após o desenvolvimento, é necessário convertê-lo em complexos solúveis que podem ser removidos por lavagem. A permanência de resíduos de haleto de prata, com o tempo, acaba produzindo manchas na imagem (Haslego, 2010).

3.6.4 LAVAGEM

A função da lavagem é remover, da emulsão, os produtos químicos do fixador. Esse importante papel de remover esses elementos tem a finalidade de deixar na emulsão somente a imagem de prata metálica. Se o tiosulfato de sódio do fixador e o tiosulfato de prata, resultantes da fixação permanecerem na emulsão, atacam a imagem, produzindo descoloramento e manchas.

3.6.5 SECAGEM

A secagem deve ser feita em varais em posição perpendicular, sem o contato de um filme com outro. Para evitar manchas no filme, recomenda-se utilizar um detergente que impeça a formação de bolhas de água.

3.6.6 FORMATOS

Desde que os filmes em rolo foram lançados comercialmente em 1895, surgiram mais de 40 formatos, a grande maioria já obsoletos. Restaram poucos formatos, entre eles, o 127, o 120 e o popular 135.

120/220 – O filme 120 foi introduzido em 1901 e fabricado até 2018. Seu formato é de 61 mm de largura e, normalmente, 820 mm de comprimento, o que permite, em média, 12 fotografias. O filme 220 tem a mesma largura, 61 mm, diferenciando-se apenas no comprimento do filme, que permite o dobro de fotografias do 120.



Figura 55 – Carretéis de filme 120. Fonte: Wikimedia Commons

127 – É um formato de filme de rolo introduzido no mercado pela Kodak em 1912. Com 46 mm de largura, o filme produz fotos com 4 x 4 cm, 4 x 3 cm e 4 x 6 cm. Teve seu auge na década de 50 e começou a declinar e perder popularidade para o formato 135 a partir de 1960. Consta que ainda esteja em produção.

135 mm – O formato 135 foi introduzido no mercado pela Kodak em 1934 e é fabricado até a presente data (2019). Refere-se a um formato popularmente conhecido por 35 mm, que é a largura total do filme, porém produz imagens de 36 mm x 24 mm (

Figura 56) e corresponde, atualmente, ao formato padrão, inclusive para sensores digitais.



Figura 56 – Filme negativo 135 (35 mm) colorido atual (2019) (Rodrigo Leal).

Esse formato é o mais popular e fácil de encontrar no mercado atualmente. Existem, nos grandes centros, máquinas automáticas, denominadas minilabs, que revelam esses negativos de 35 mm, digitalizam e imprimem as fotos em impressoras digitais. Com uma gama de sensibilidade variada, os mais comuns de serem encontrados no mercado são o ASA-100, o 200 e o 400.

3.6.8 FORMAÇÃO DAS CORES

Os sistemas de cores mais difundidos e utilizados são o **RGB**, sigla formada pelas iniciais das palavras inglesas *red*, *green* and *blue* – vermelho, verde e azul – e os sistema **CMY**, iniciais de *cyan*, *magenta* and *yellow* – ciano, magenta e amarelo.

O sistema RGB é conhecido como sistema cor-luz ou sistema aditivo. O sistema CMY é conhecido como sistema cor-pigmento ou sistema subtrativo. Ambos são o oposto físico/matemático um do outro e suas permutações indicam as relações entre as cores opostas e/ou complementares, bem como as relações entre positivo/negativo de cores e de luz. (Rocha, 2019).

3.6.9 PADRÃO RGB

O modelo de cores RGB é formado pelo sistema de adição das cores vermelha + verde + azul (*red + green + blue*) (Figura 57) e baseia-se na teoria tricromática, desenvolvida por Thomas Young e Hermann Helmholtz, no início do século XIX, e no triângulo de cores de James Clerk Maxwell, que elaborou essa teoria por volta de 1860. O padrão RGB é natural na visão humana e é o utilizado nos televisores e nos filmes fotográficos coloridos.

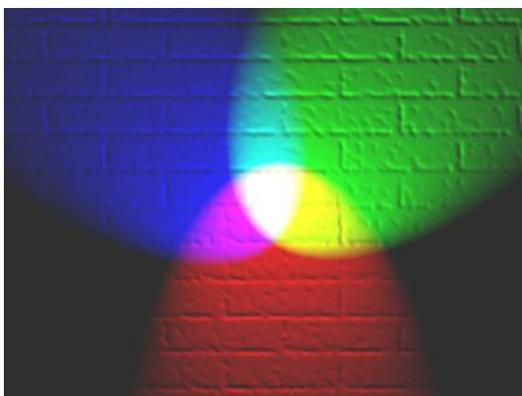


Figura 57 – Demonstração do sistema RGB por projeção de cores. Fonte: Wikimedia Commons.

3.6.10 PADRÃO CMYK

O CMYK – *cyan*, *magenta*, *yellow* e *black key*, em português, ciano, magenta, amarelo e chave preta – é um sistema de cor subtrativo, isto é, que vai retirando cores refletidas à medida que se vai adicionando pigmentos coloridos (Figura 58). Os pigmentos de cores ciano, magenta e amarelo tendem a escurecer até ficarem totalmente escuros quando misturados. É amplamente utilizado na indústria gráfica de impressão.

As impressoras a laser e a jato de tinta trabalham com pigmentos nessas cores. O pigmento preto é a chave para se definir os tons das cores.

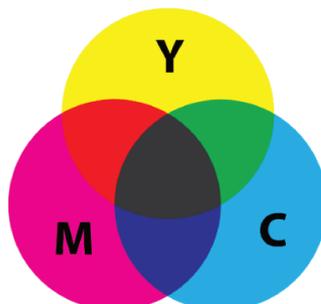


Figura 58 – Sistema CMY subtrativo de cores. Fonte: Wikimedia Commons.

3.6.11 SISTEMA DIGITAL DE CORES

Basicamente, o computador trabalha com 256 (16^2) (0-255) níveis de cores, tanto para o RGB como para o CMY, ou CMYK. A Figura 59 exibe paletas coloridas com o programa CorelDraw.

R R 255 G 000 B 000	C R 000 G 255 B 255
G R 000 G 255 B 000	M R 255 G 000 B 255
B R 000 G 000 B 255	Y R 255 G 255 B 000

Wilson Picler

Figura 59 – RGB CMY níveis de 0 a 255. Fonte: autoria própria.

A cor negativa é o inverso da cor positiva, vide Figura 59 e Figura 60.

COR POSITIVA	COR NEGATIVA
Preto	Branco
Vermelho	Ciano
Verde	Magenta
Azul	Amarelo
Laranja	Verde-claro
Púrpura	Verde-escuro
Rosa	Azul-claro
Marrom	Azul-escuro
Amarelo-claro	Preto
Preto	Branco
Preto	Branco

Figura 60 – Cor positiva e cor negativa. Fonte: Wikimedia Commons.

3.6.12 COMPOSIÇÃO DO FILME FOTOGRAFICO COLORIDO

Um filme fotográfico colorido, baseado no processo denominado pela indústria de C-41, é constituído por três camadas de emulsões, sensíveis a cada uma das três cores básicas do sistema vermelho, verde e azul (RGB - *red, green and blue*), depositadas sobre uma tira de acetato de celulose ou poliéster, denominada de base.

Na Figura 61, temos as seguintes camadas representadas:

1. Base do filme
2. Camada anti-halo
3. Camada responsável pelo vermelho
4. Camada responsável pelo verde
5. Filtro amarelo que bloqueia o azul
6. Camada responsável pelo azul
7. Filtro amarelo que bloqueia o ultravioleta
8. Camada protetora
9. Luz visível

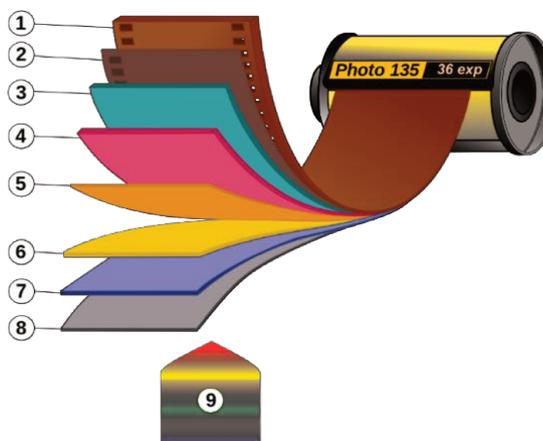


Figura 61 - Camadas de um filme fotográfico colorido negativo. Fonte: Wikimedia Commons.

Junto a essas emulsões sensíveis, seletivamente às suas respectivas cores, existem acopladores de coloração, que são camadas inicialmente incolores que, durante o processo de revelação, vão interagir com os cristais de haleto de prata sensibilizados pela luz e formar a imagem de cor negativa. Por exemplo: os cristais sensibilizados da camada responsável pela formação da cor azul, no processo de revelação do filme, vão interagir com o acoplador de cor e formar uma imagem negativa do azul, que é o amarelo. O mesmo ocorre com as camadas responsáveis

pele verde e pelo vermelho. Na camada de verde, o acoplador forma a cor magenta. Na camada de vermelho, o acoplador forma a cor ciano (azul celeste) (

Figura 62).

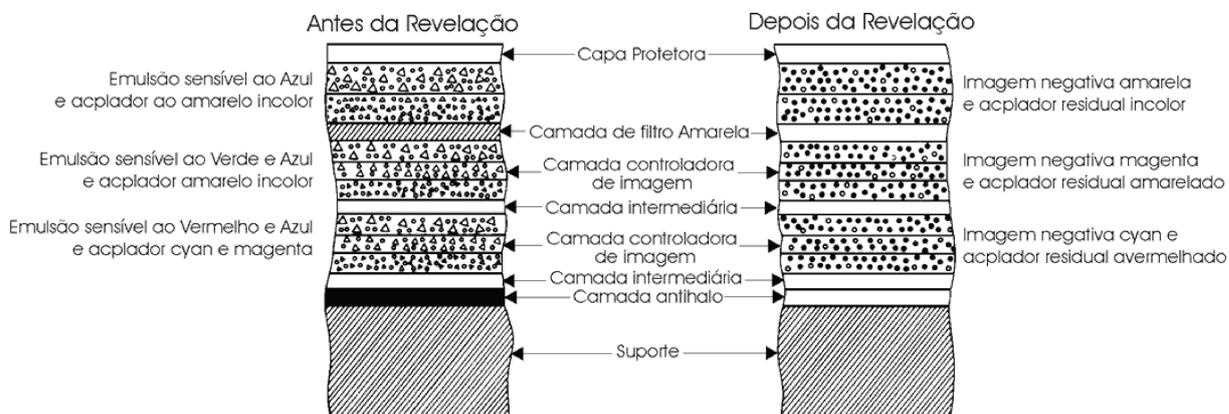


Figura 62 – Filme fotográfico negativo, antes e depois da revelação. Fonte: Fujicolor.

As camadas sensíveis ao verde e ao vermelho são também sensíveis à luz azul e à ultravioleta (UV). Para evitar que a luz azul provoque reações nas camadas das outras duas cores, há um filtro que bloqueia o azul/UV, separando a primeira emulsão das demais. A

Figura 63 exibe uma estrutura simplificado de um filme fotográfico negativo.

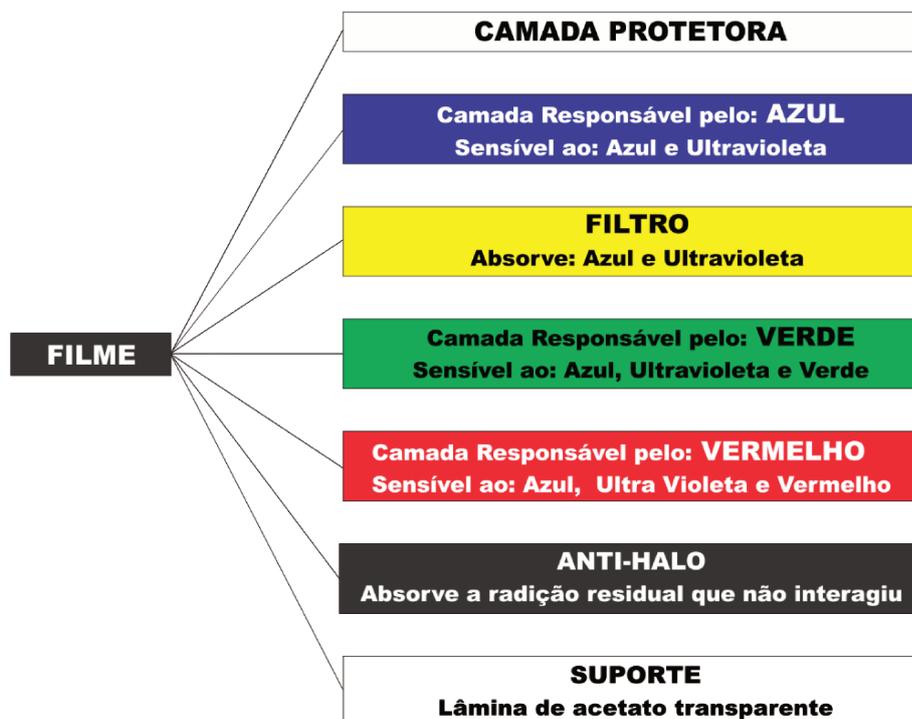


Figura 63 - Estrutura simplificada de um filme fotográfico colorido. Autoria própria.

3.6.13 FORMAÇÃO DE IMAGEM NEGATIVA

A Figura 64 é uma representação da ação do acoplador de cor no processo de sensibilização do filme fotográfico e de formação da sua correspondente imagem negativa. Todas as três emulsões fotossensíveis são reativas às cores azul e ultravioleta, dessa forma, a emulsão responsável pelo verde é sensível ao verde e ao azul/UV, e não é sensível ao vermelho. A emulsão responsável pelo vermelho é sensível à luz vermelha e à luz azul/UV, e não é sensível ao verde.

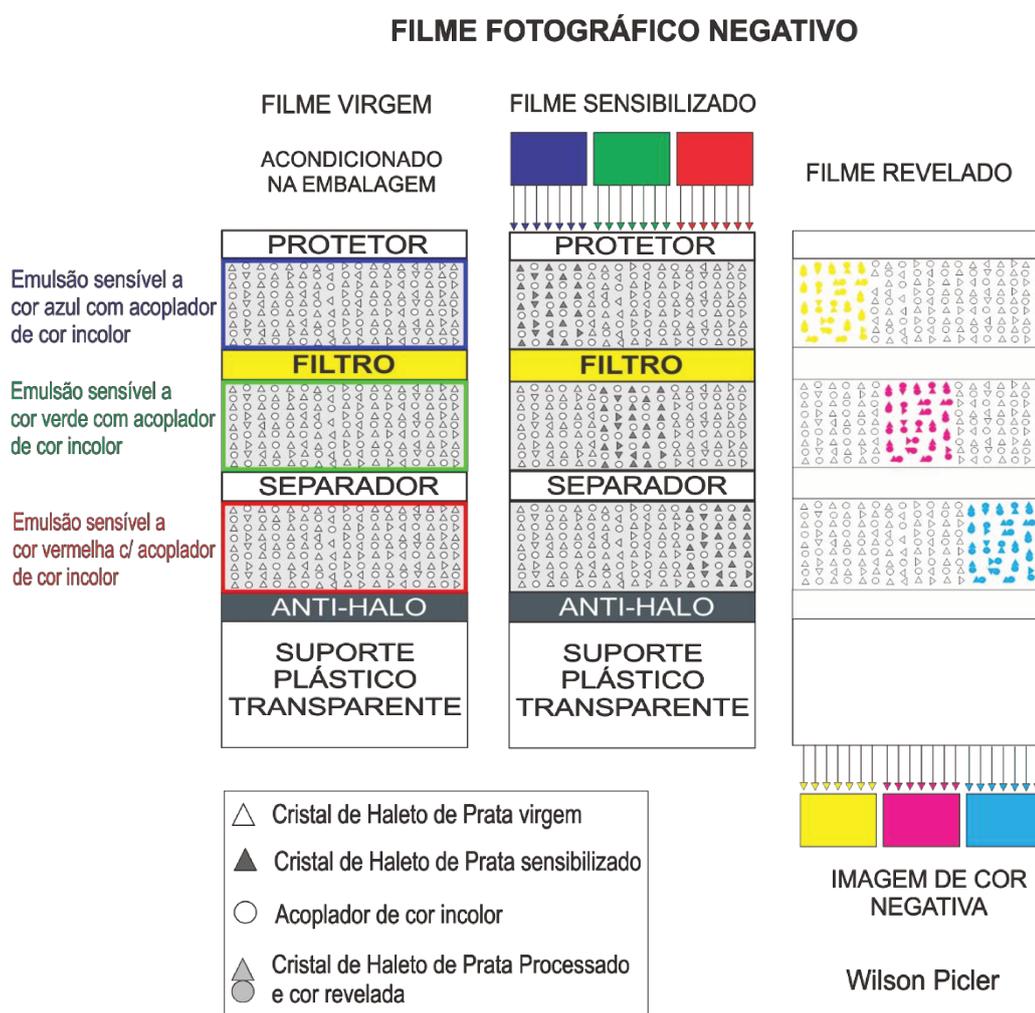


Figura 64 – Ação do acoplador de cor na revelação. Fonte autoria própria.

A Figura 65 ilustra a formação de cores degradês. As manchas brancas nas camadas de cor, antes de revelar, representam, ficticiamente, a intensidade da interação da luz com os cristais de haleto de prata fotossensíveis e seletivos às suas respectivas cores. A luz azul sensibiliza a camada responsável pelo azul e a radiação

que não interagiu é absorvida no filtro. A luz verde passa pela emulsão responsável pelo azul, sem sensibilizá-la, atravessa o filtro, pois este bloqueia apenas o azul e UV e vai atingir a camada sensível ao verde, sensibilizando-a. A radiação luminosa de cor verde que por ventura não interagiu com a camada de verde atinge a camada de vermelho, mas não a sensibiliza e é absorvida pela camada anti-halo. A luz vermelha passa pelas camadas de azul, filtro e verde sem sensibilizá-las; atinge a camada de vermelho e provoca a reação de fotossensibilização desta. A imagem negativa final é resultado da soma das três cores CMY (*cyan, magenta e yellow*).

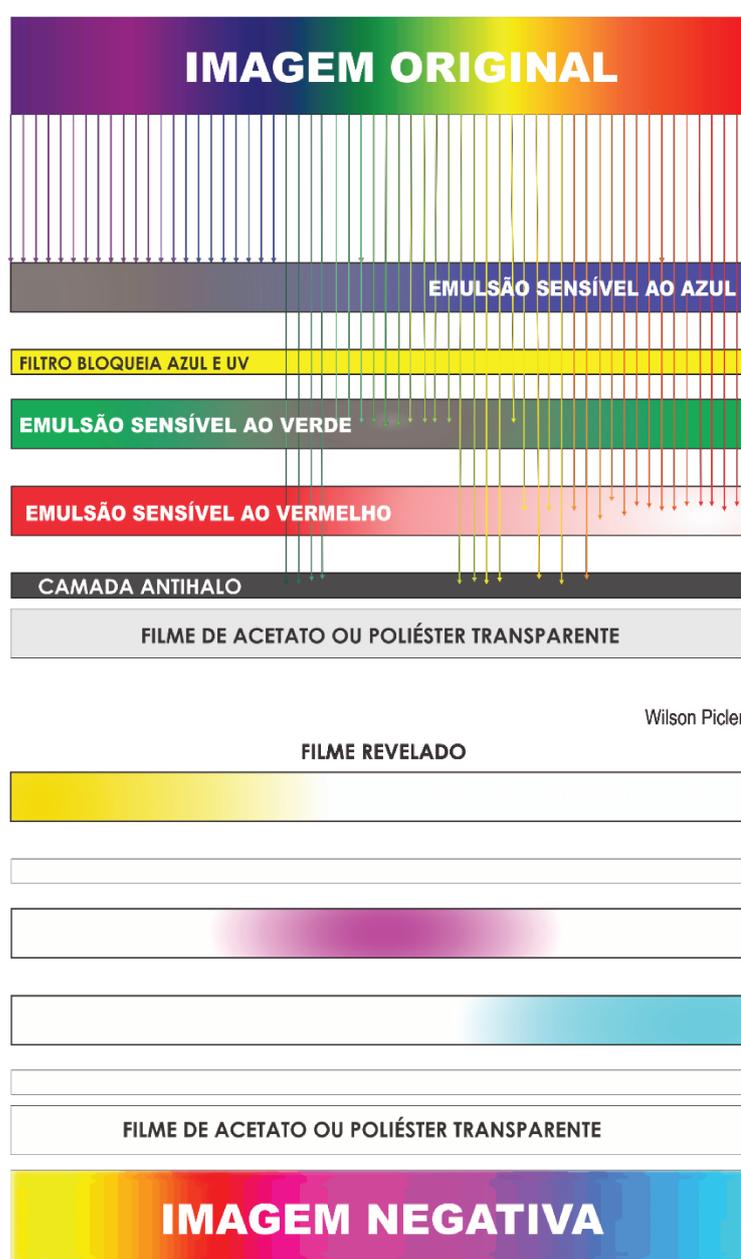


Figura 65 – Sensibilização do filme e formação de imagem negativa. Fonte autoria própria.

3.6.14 SENSIBILIDADE ESPECTRAL DOS FILMES FOTOGRÁFICOS

Pode-se constatar, no gráfico da Figura 66, que o filme pancromático tem mais sensibilidade para os comprimentos de onda em torno de 400 nm, correspondentes ao azul/violeta. Essa é uma característica nativa dos haletos de prata.

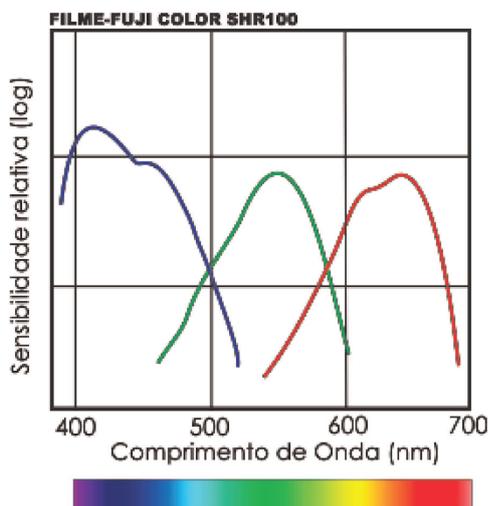


Figura 66 - Sensibilidade espectral das emulsões do filme colorido pancromático Fuji SHR100 (negativo). Fonte: Fujicolor.

Os filmes Fuji da série SUPERIA X-TRA têm uma quarta camada de cor sensível ao azul. No seu catálogo, a Fujifilm cita “Realismo aprimorado na reprodução de cores difíceis de criar, incluindo o violeta e vários tons de verdes”.



Figura 67 – Filme com 4ª camada de cor (4th Color Layer). Fonte: FUJIFILM.

A Figura 68 exibe a sensibilidade espectral das camadas de cor do filme SUPERIA X-TRA, na qual pode-se notar uma camada extrassensível ao ciano (*cyan*).

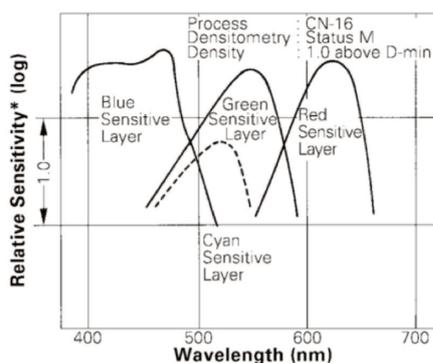


Figura 68 – Fujicolor Superia 200. Fonte: (FUJIFILM DATA SHEET AF3-008E) .

3.6.1 FILMES NEGATIVOS COLORIDOS ATUAIS

Atualmente, estão disponíveis, no mercado, cinco tipos básicos de filmes:

a – O filme **sensível ao azul** continua a ser usado em alguns campos da fotografia, em especial na reprodução de linhas, ou em trabalhos onde se necessita um poder de resolução extremamente alto.

b – **Ortocrômático** possui a sensibilidade na faixa do azul até o verde, não incluindo o laranja e vermelho. Conseqüentemente os objetos dessas cores aparecem pretos na cópia final. Podem ser manipulados com segurança a luz vermelha ou laranja. Seu uso principal é a litografia.

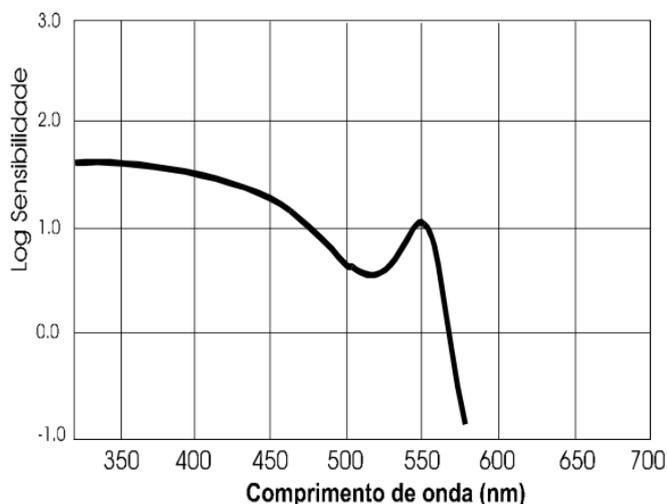
c – **Pancromático** é o padrão usado nas câmaras fotográficas, sua faixa de atuação vai do ultravioleta, até uma parte do infravermelho. Além do mais, sua reação às cores não é exatamente igual à do olho, e por isso uma das funções dos filtros é justamente aproximar sua “visão” da nossa.

d – O **Infravermelho**, originalmente projetado para fins científicos e militares, estes filmes alcançaram popularidade tanto no campo da fotografia amadora quanto profissional, em virtude de seus efeitos inusitados e interessantes que permitem fotografar o que nossos olhos não conseguem ver.

e – **Raio X**, para aplicação na medicina e na pesquisa.

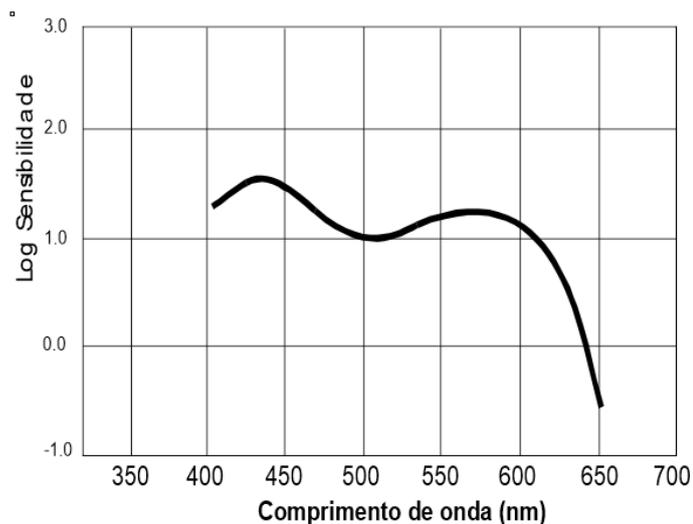
(Instituto de Física Gleb Wataghin/Unicamp, 2019)

As Figuras 69, 70 e 71 exibem a curva espectral de diversos tipos de filmes, vide legendas.



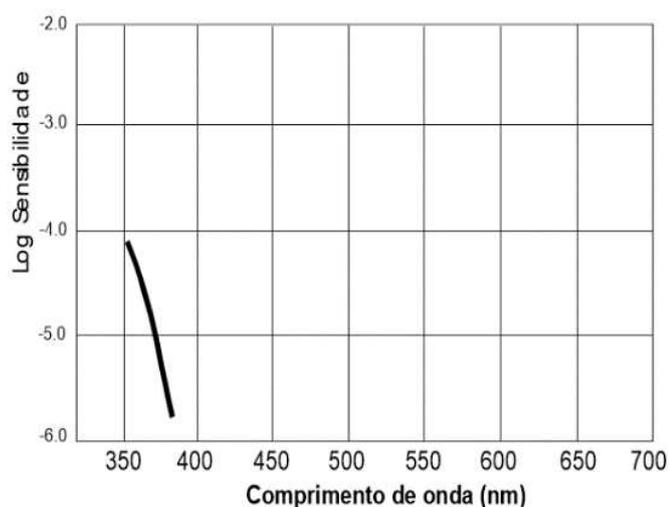
Curva de sensibilidade espectral de um filme para fotocomposição
(Filme KODAK Phototypesetting 6591)

Figura 69 – Filme para fotocomposição. Fonte: Kodak.



Curva de sensibilidade espectral de um material pancromático típico (KODALITH Pan 2554)

Figura 70 – Filme pancromático. Fonte: Kodak.



Curva de sensibilidade espectral de um filme para ultravioleta (KODAK RL Contact)

Figura 71 – Filme para radiação ultravioleta. Fonte: Kodak.

3.6.2 SENSIBILIDADE/VELOCIDADE DOS FILMES

Com o avanço tecnológico e comercial dos filmes, adveio a necessidade de implantar-se um sistema de medição das sensibilidades. Surgiram, então, diversos padrões desde que Leon Werneke, um engenheiro polonês, inventou o primeiro sistema de medição de sensibilidade de filmes em 1880, o que lhe garantiu a medalha pelo Progresso da Ciência, concedida pela Sociedade Britânica de Fotografia. Posteriormente, Huter e Driffield inventaram um sistema de padronização das

sensibilidades de filme em 1890. Em 1894, o astrônomo Julius Sheiner estabeleceu um método em graus (°).

Em 1934, o Instituto Alemão para Normatização (Deutsches Institut für Normung – DIN) edita a norma DIN 4512, que estabelece o padrão na base 10 logarítmica medida em graus (°), inspirado no sistema de Sheiner e proposto pelo Comitê de Sensiometria da Sociedade Alemã de Pesquisa Fotográfica, durante o Congresso Internacional de Fotografia, ocorrido em Dresden, na Alemanha, em 1931.

Em 1943, a Associação Americana de Padronização (American Standards Association - ASA), atual ANSI, definiu seu padrão com base em uma escala linear, que foi revisado em 1946, 1947 e 1954.

No padrão ASA, um filme com ASA 200 tem o dobro da sensibilidade de um filme de ASA 100. O padrão ASA foi adotado pela Kodak e ficou amplamente conhecido.

Em 1974, os sistemas americano e alemão foram combinados no padrão internacional editado pela ISO (International Organization for Standardization), que praticamente adotou o sistema americano ASA, seguido de uma barra com o sistema alemão, como se vê na Figura 72.



Figura 72 – Filme Fuji colorido ISO 100/21. Fonte: Wikimedia Commons.

O padrão vigente para filmes fotográficos negativos é definido pela norma internacional ISO 5800:2001 e o padrão para câmeras fotográficas digitais é definido pela norma internacional ISO 12232:2006.

A sensibilidade dos filmes fotográficos está, diretamente, relacionada ao tamanho dos cristais de haleto de prata (Figura 73). Um cristal maior tem mais probabilidade de interagir com fótons da luz refletida pelo objeto. Um cristal menor tem menos probabilidade, por isso necessita de um tempo de exposição à luz maior. O gráfico abaixo faz uma relação entre tamanho do grão e sensibilidade (Macedo, 2019).

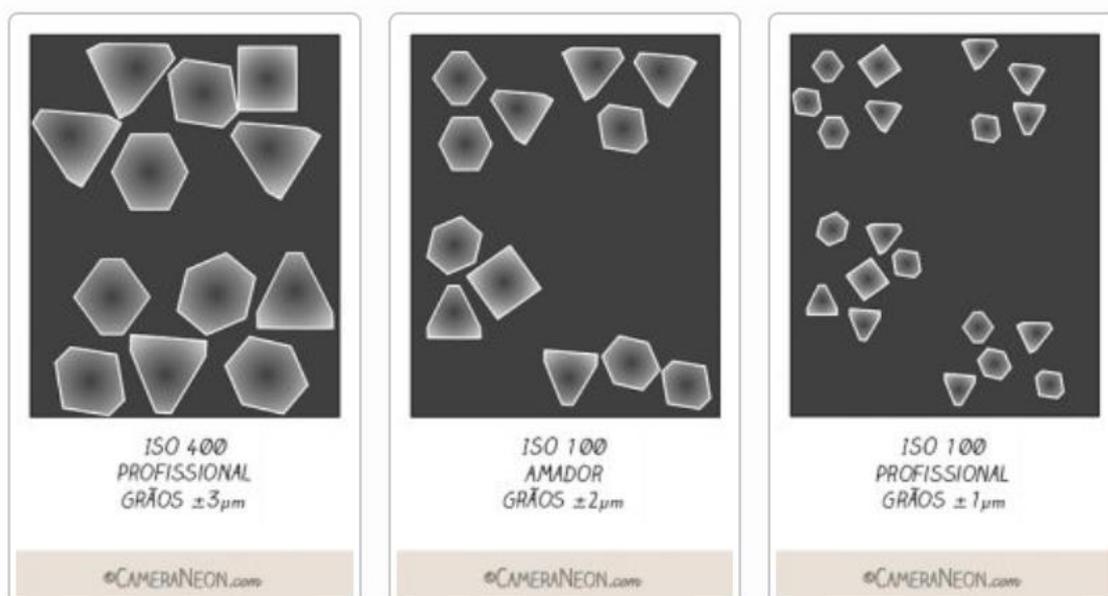


Figura 73 – Sensibilidade x tamanho dos cristais de haleto de prata. Fonte: cameraneon.com.

3.6.3 TABELA DE EQUIVALÊNCIA ISO/ASA/DIN

A Tabela 13 exibe a equivalência entre o padrão linear ISO com o padrão logarítmico DIN. O padrão ISO é equivalente ao antigo padrão ASA.

Tabela 13 – Tabela ISO/DIN - Fonte: mnemo.

ISO	20	25	32	40	50	64	80	100	125	160	200	250	320	400	500	640	800	1000	1200	1600	2000
DIN (°)	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34

A Tabela 14 apresenta uma classificação por nível de sensibilidade (Mnemo, 2009)

Tabela 14 – Classificação de sensibilidades de filmes fotográficos. Fonte: Mnemo.

SENSIBILIDADE DE FILMES FOTOGRÁFICOS (ISO)				
BAIXA	16	20	25	32
	40	50	64	80
MÉDIA	100	125	160	200
	250	320	400	
ALTA	500	640	800	1000
	1200	1600	2000	2400

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Uma vez abordados os principais mecanismos que fazem parte da técnica de kirliangrafia, pode-se projetar, desenvolver e aplicar diversos instrumentos com o intuito de verificar os pressupostos definidos nos objetivos desta pesquisa. Para tanto, empenhou-se no desenvolvimento de um equipamento que pudesse ter controle sob as seguintes variáveis.

4.1 VARIÁVEIS CONSIDERADAS

Para a realização da pesquisa em questão, foram consideradas, após a revisão bibliográfica, a fundamentação e análise em alguns equipamentos comerciais, as seguintes variáveis a serem adequadamente controladas.

4.1.1 FLUTUAÇÃO DA ALTA TENSÃO GERADA

As variações no valor da tensão da rede de distribuição causam variações no valor da tensão gerada pelo equipamento, produzindo alterações nas fotos, o que pode ser interpretado, erroneamente, como **efeito Kirlian**.

Considerando que o circuito de chaveamento para geração de MAT utilize a tensão da rede retificada e filtrada diretamente e adotando-se o valor nominal da rede de 117 V, tem-se, após retificado e filtrado, 168 V, considerando que essa tensão tenha uma correlação aproximada de 1/10 e gere 16 kV.

Se a tensão da rede, em horários de pico de demanda, cair em – 15%, haverá uma queda na tensão DC de, aproximadamente, 25 V, que também se traduzirá em uma queda na MAT de 2,5 kV, passando de 16 kV para 13,5 kV, bastante significativa e que implicará uma imagem de Corona menor. Portanto o gerador de MAT deverá ser dotado de um regulador de tensão ajustável, capaz de suportar as variações da rede de até $\pm 20\%$ e ajustar a tensão regulada de 40 V a 150 V, o que proporcionará um ajuste da MAT entre 4 kV e 15 kV, no caso de se conseguir uma relação de 1/10.

O painel do equipamento deverá apresentar o valor da MAT em kV, calibrado com precisão aceitável de, no máximo, +- 5%.

4.1.2 FLUTUAÇÕES DO TEMPO DE EXPOSIÇÃO

Devido aos transientes provocados pelo gerador de alta tensão e por outros fatores, o tempo de exposição do equipamento pode sofrer alterações, produzindo modificações nas kirliangrafias resultantes. Neste projeto, deve-se evitar o uso do CI 555, pelo fato deste utilizar comparadores de tensão que ficam suscetíveis a interferências causadas pelos transientes de alta tensão, gerados para produzir o Corona. O ideal é utilizar osciladores digitais controlados por cristal e divisores de frequência. O *timer* deverá ser capaz de controlar tempos desde 0,01 s até 9.99 s.

4.1.3 INDEPENDÊNCIA DOS PARÂMETROS AJUSTÁVEIS

O ajuste de um determinado parâmetro não deve alterar os demais parâmetros, isto é, o ajuste do valor da alta tensão não deve produzir alterações no valor do tempo de exposição programado e o ajuste na frequência de repetição dos pulsos não pode produzir variações significativas no valor da alta tensão gerada. Esse é um requisito importante para produzir-se um mapa de padrões confiáveis, sobre os quais serão tomadas decisões de parâmetros para as pesquisas futuras.

4.1.4 CONTROLE DO DESLOCAMENTO DO FILME

O deslocamento do filme deve ser monitorado de forma a haver sempre um espaçamento adequado entre as fotos e permitir a contagem do número de fotos. Esse parâmetro permitirá padronizar os espaçamentos, evitando sobreposições de fotos ou desperdícios de filme.

4.1.5 FORÇA QUE O DEDO EXERCE SOBRE O FILME

A força que o dedo exerce sobre o filme fotográfico pode alterar completamente as formas e, juntamente com as bolsas de ar embaixo do filme, modificar as cores das kirliangrafias. O dactilodinamômetro deverá ser capaz de medir a força que o dedo exerce sobre o filme fotográfico, que fica fixo sobre uma plataforma rígida, que permite deslocamento do filme.

4.1.6 BOLSAS DE AR EMBAIXO DO FILME

O assentamento do filme fotográfico, quando feito de forma irregular, provoca a formação de minúsculas bolsas de ar entre o filme e a placa isolante. O porta-filme deverá ser dotado de um quadro compressor desmontável, confeccionado com materiais de elevada rigidez dielétrica e que permita a troca dos dielétricos no sentido de fazer uma série de investigações sobre a influência deles e simulações de bolsas de ar embaixo do filme.

4.2 EQUIPAMENTOS DESENVOLVIDOS

Visando aprimorar os circuitos utilizados em pesquisas anteriores, foram desenvolvidos novos equipamentos nos idos de 1994 e 1995, durante a realização dos créditos na Unicamp. Muitos circuitos foram ensaiados no Laboratório de Eletrônica do CEB (Centro de Engenharia Biomédica) da Unicamp, em especial a nova versão do dactilodinamômetro utilizando célula de carga com *strain-gages*. A fase de conclusão desses equipamentos foi realizada ao longo do tempo, no laboratório pessoal do autor, tendo sido finalizado em janeiro de 2019. Diversos protótipos de circuitos isolados foram testados até se identificar os tipos mais adequados para o projeto. A Figura 74 exibe o diagrama em blocos do novo equipamento.

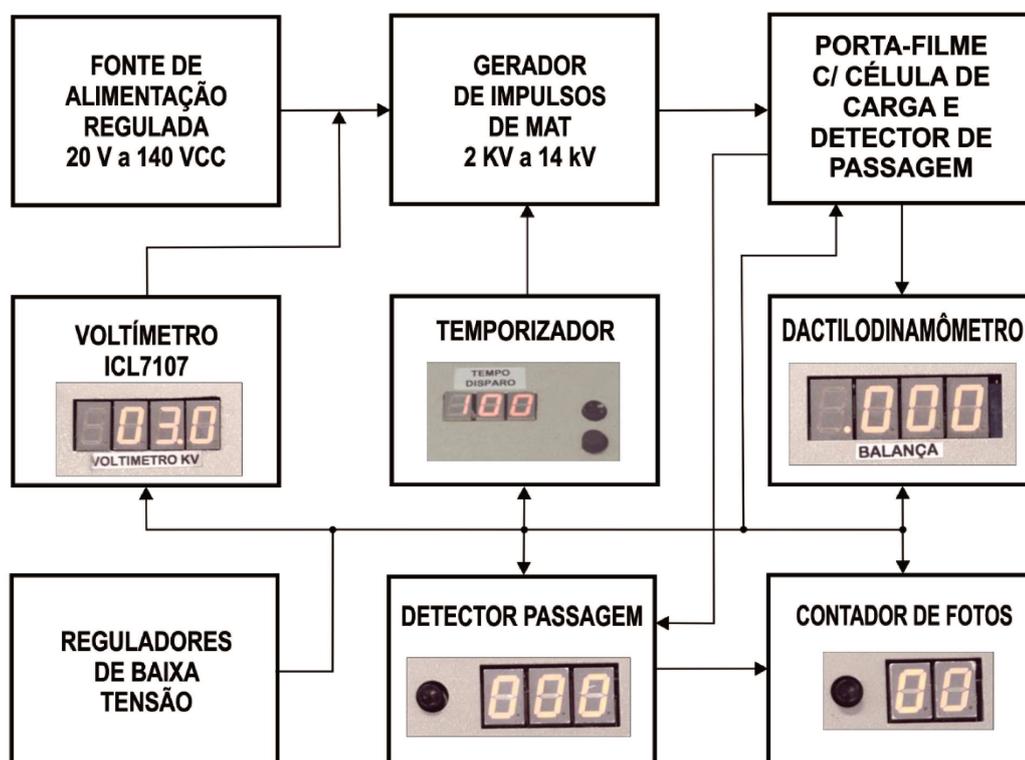


Figura 74 – Diagrama em blocos da máquina Kirlian desenvolvida. Fonte: autoria própria.

4.2.1 UNIDADE CONTROLADORA

A Figura 75 exibe a unidade de controle montada e 100% operacional. Essa unidade engloba os circuitos do diagrama em bloco com exceção do porta-filmes.



Figura 75 – Nova unidade controladora. Fonte: autoria própria/L. A. Rebello/Foto Rodrigo Leal.

Os controles dessa unidade incorporam, da esquerda para a direita:

1. Gerador de MAT
2. Dactilodinamômetro (Balança)
3. Contador de deslocamento do filme
4. Contador do número de fotos
5. Na parte de baixo, no painel, o temporizador programável (PIC)

O botão giratório vermelho, à esquerda, consiste em um potenciômetro multivoltas e ajusta a MAT gerada (calibrado para exibir o valor em kV), com faixa operacional de 4 kV a 14 kV.

O botão da direita consiste em uma chave de onda de 10 posições para ajuste da frequência de repetição com opções de 100, 200, 400, 500, 600, 700, 800, 900 e 1000 Hz.

O botão preto, ao alto, consiste em uma chave de três posições que permite alterar energia da descarga capacitiva de geração de MAT (troca do valor do capacitor). Essa função foi desativada por riscos de choques.

4.2.2 PORTA-FILMES



Figura 76 – Porta-filme que opera em conjunto com a unidade de controle.
Fonte: autoria própria/L. A. Rebello/Foto: Rodrigo Leal.

O porta-filme (Figura 76) é construído em uma caixa de PVC, com um recurso de câmera escura para tirar fotos à luz do dia. Dentro, estão instalados os seguintes dispositivos:

- a) Transformador de MAT
- b) Célula de carga
- c) Amplificador diferencial p/ a célula
- d) Base do filme
- e) Fotodetector de passagem (janela)
- f) Quadro compressor
- g) Suportes para encaixe do filme
- h) Conectores para a bobina primária
- i) Conectores para sinal do amplificador e fotodetector

4.2.3 FONTE ESTABILIZADA AJUSTÁVEL

Para a regulação e ajuste da MAT gerada, adotou-se um circuito com componentes discretos. A tensão de alimentação do regulador de AT provém de um circuito convencional de retificador e filtro, isolados da rede por um transformador com tensão de primário de 127 VAC e secundário de 160 V.

Ensaio demonstraram que, no regime de mais alta tensão e com frequência de repetição de 1 kHz, a corrente de saída da fonte chega a 500 mA, portanto a potência do transformador de alimentação pode ser estimada como segue:

$$VCC = \sqrt{2}VCA - 2VD = 1,414 \cdot 160VCA - 1,4V = 226,3 - 1,4 = 224,9 V \quad (27)$$

$$Ptrafo = ICC \cdot VCC = 0,5 \times 224,9 V = 112,6 W \quad (28)$$

Adotou-se um transformador de 150 W, 33% maior, por margem de segurança. A Figura 77 apresenta o circuito da fonte de alimentação que fornece a tensão VCC para o regulador ajustável de tensão AT, que alimenta o gerador de MAT.

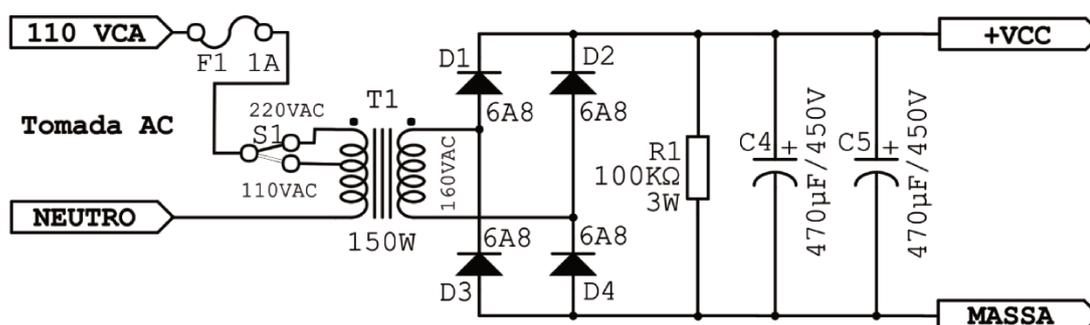


Figura 77 – Fonte de alimentação para o regulador AT. Fonte: autoria própria.

A Figura 78 exibe a medida do ripple de 1,28 V para o filtro composto por dois capacitores de 470 µF/450 V, com uma corrente de carga de 330 mA.

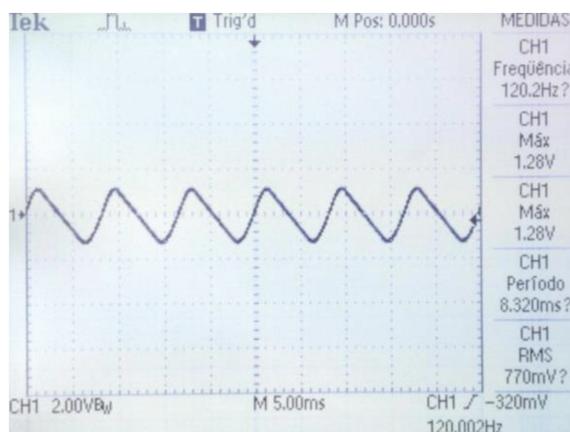


Figura 78 – *Ripple* de 1,28 V com dois capacitores de 470 µF (Medido com osciloscópio Tektronix TDS1002). Fonte: autoria própria/Luiz Antonio Ferreira dos Santos.

4.2.4 REGULADOR AT

Para a regulação, optou-se por uma topologia discreta, com transistores bipolares (BJT) de alta tensão (Figura 79).

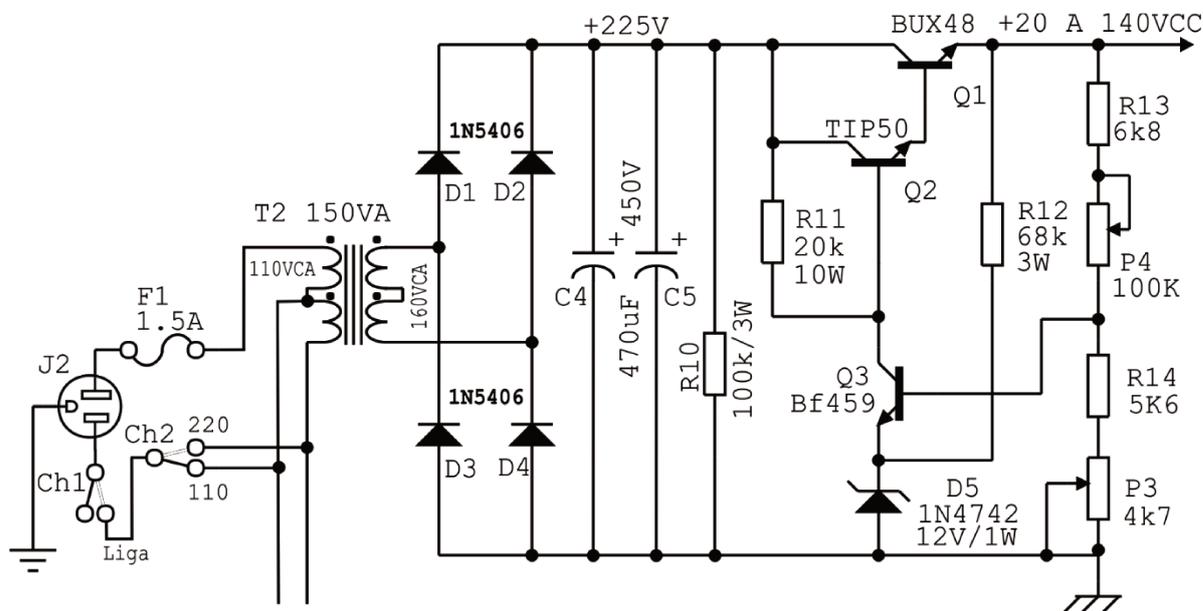


Figura 79 - Regulador de AT (Alta Tensão). Fonte: autoria própria.

Essa topologia de fonte foi escolhida por ser robusta e imune a transientes de alta tensão, além de utilizar componentes acessíveis. Seu princípio de funcionamento baseia-se na fonte de tensão de referência, estabelecida pelas tensões do diodo zener (D6) + VBE de Q3, que é aplicada sobre (R6 + P2).

$$VDC_{out} = \frac{V_{ZD6}}{(R_6 + P_2)} (R_5 + P_1) \quad (29)$$

Como a tensão do diodo zener é fixa em torno de 12 V e o VBE mantém-se também fixo em torno de 0,7 V, surge, então, uma tensão fixa de 12,7 V sobre (R6+P2). Esse conjunto forma uma fonte de corrente constante nesse braço do circuito. Ao variar a resistência P1+R5, ajusta-se a tensão sobre estes e, como V_{R6+P2} é fixa (12,7V), pode-se ajustar a tensão de saída do regulador por esse princípio.

Q1 e Q2 formam um par Darlington, proporcionando um aumento no ganho de corrente contínua, pois, nessa configuração, os ganhos β_1 e β_1 multiplicam-se.

A opção de Darlington discreto foi adotada por ter componentes de fácil acesso no mercado e possibilitar ligar transistores em paralelo com Q1.

4.2.5 ENSAIO DA FONTE DE AT

Utilizando-se um varivolt e um transformador isolador (Figura 80), procedeu-se o ensaio do circuito da Figura 79, cujos resultados são apresentados na Tabela 15.



Figura 80 – Ensaio do regulador AT com o varivolt. Fonte autoria própria/Foto Rodrigo Leal.

Tabela 15 – Ensaio de regulação do regulador da Figura 79. Fonte: autoria própria.

VAC	110V	REDE			
CARGA	459 Ω	LÂMPADA DE 110V/25W			
MÉTODO	VARIAÇÃO DE AC POR MEIO DE VARIVOLT				
	-20%	-10%	0%	10%	20%
V_{AC-S}	88,2	99,4	110,5	121	132
V_{DC}	113,1	127,8	143,6	157,5	172,5
V_{DC-VL}	49,2	63,3	78,5	92,3	106,8
V_{R3}	45,1	61,3	76,2	90,1	104,4
$V_{R3+VCE3+VZ}$	112	127,6	142,9	157,3	172,3
V_{Z-D6}	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
V_{CE1}	47,8	63,3	79,3	91,8	105,4
V_{CE2}	47,1	62,1	78,6	91,2	105,2
$V_{CE1}-V_{CE2}$	0,7	1,2	0,7	0,6	0,2
V_{CE3}	54,8	54,2	54,6	55,1	55,8
V_{R4}	53,3	52,1	53,1	53,1	54,3
V_{R5}	10,1	10,3	10,4	10,4	10,4
V_{P1}	40,8	41,4	40,6	41,1	41,4
$V_{(R6+P2)}$	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6
$V_L=V_{R5}+V_P+V_{(R6+P2)}$	63,5	64,3	63,6	64,1	64,4
V_L	63,9	64,5	65,1	65,2	65,7
REGULAÇÃO	-1,84%	-0,92%	0,00%	0,15%	0,92%

Nota-se que a regulação da tensão de saída (V_{DC-OUT}) foi de -1,84% e + 0,92% para uma variação de tensão de entrada ($V_{DC IN}$) de +- 20% (Tabela 15).

4.2.6 REGULADOR AT INTEGRADO (MAIS EFICIENTE)

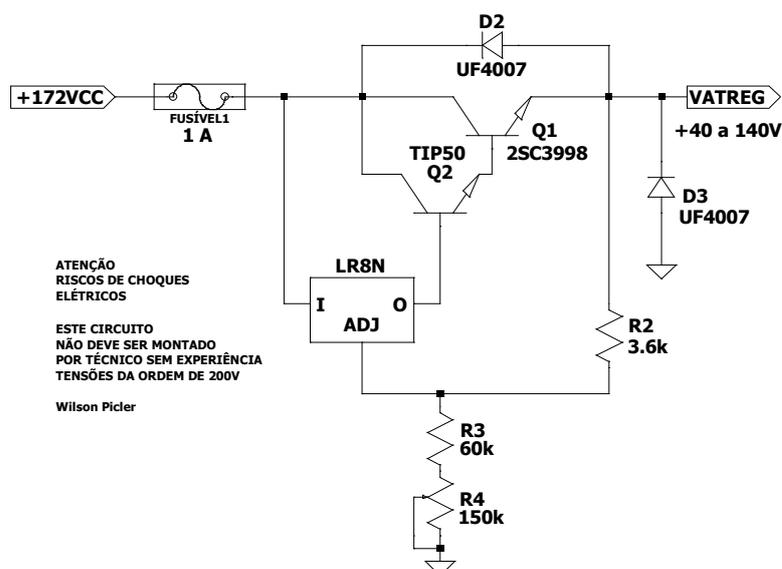


Figura 81 – Regulador com LR8N. Fonte: autoria própria.

O circuito integrado LR8 é um regulador ajustável de três terminais (TO-92), com capacidade de tensão de entrada – tensão de saída de até 400 V e corrente de saída de até 20 mA. Ideal para excitar BJTs, em especial na configuração Darlington. O ajuste da tensão é feito por meio da corrente que circula sobre o resistor R_3+R_4 . A tensão sobre R_2 é fixa em 1,2 V. A tensão de saída regulada do circuito da Figura 81 é dada pela Equação 30.

$$V_{ATREG} = \left[\frac{1,2V}{R_2} (R_3 + R_4) \right] - V_{BE1} - V_{BE2} \quad (30)$$

A Tabela 16 apresenta o resultado do ensaio de regulação realizado com o circuito da Figura 81 montado.

Tabela 16 – Ensaio de regulação do circuito da Figura 81. Fonte: autoria própria.

VIN	VIN	VOUT	VREG	VCE	IL	P
(V)	(V)	(V)	(%)	(V)	(mA)	(W)
10%	196,7	140,0	0,0%	56,7	755	106
5%	186,9	140,0	0,0%	46,9	755	106
0%	178,0	140,0	0,0%	38,0	755	106
-5%	169,1	140,00	0,0%	29,1	755	106
-10%	161,1	138,29	1,2%	22,8	740	102

Pode-se observar que, para se ter uma regulação ótima, o circuito precisa de, pelo menos, 30 V de diferença de $V_{entrada} - V_{saída}$ (VCE).

4.2.7 MEDIDOR DIGITAL DE PAINEL

Tanto o gerador de MAT como o dactilodinamômetro utilizam um medidor digital de painel (DPM-Digital Panel Meter). Na prática, esse DPM constitui-se de um voltímetro de 3 ½ dígito, construído com base no CI da Renesas/Intersil ICL710, composto por um conversor analógico com tensão de referência de precisão, gerador de *clock*, decodificadores e *drivers* de 7 segmentos e opera, normalmente, com 200 mV de tensão de fundo de escala (Figura 82).

Para calcular o valor da MAT, mede-se, indiretamente, o valor da tensão de saída do regulador de AT por meio de um divisor resistivo.

Para mensurar a força no dactilodinamômetro, mede-se o nível de tensão de saída do amplificador da célula de carga, também por meio de um divisor resistivo ajustável.

A Figura 82 exibe o circuito elétrico do voltímetro, com ICL7107. A Figura 83 exibe uma placa montada de voltímetro, com o ICL7107 (*any-kit*).

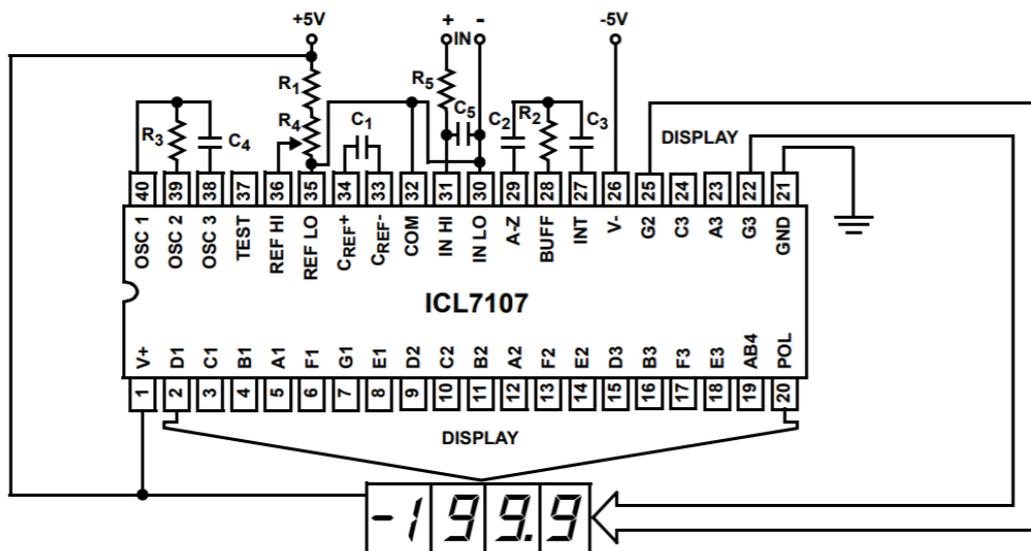


Figura 82 – Circuito do voltímetro de 3 ½ dígitos. Fonte: Renesas/Intersil.



Figura 83 – Kit voltímetro digital com ICL7107. Fonte: any-kit.

4.2.8 GERADOR DE MAT COM SG3525/2MOSFETS

Visando aprimorar o circuito de descarga capacitiva e proporcionar uma operação em frequências mais elevadas, o autor concebeu um sistema que permite o capacitor carregar completamente em tempos bem menores. Trata-se de um circuito com o CI SG 3525, que tem duas saídas simétricas com um ciclo de trabalho (Duty-Cycle) ajustável de menos de 1% até 45% (Figura 84). Esse CI (SG 3525) é amplamente utilizado em fontes de alimentação chaveadas por modulação de largura de pulso (*Pulse-Width Modulation, Switched-Mode Power Supply –SMPS*).

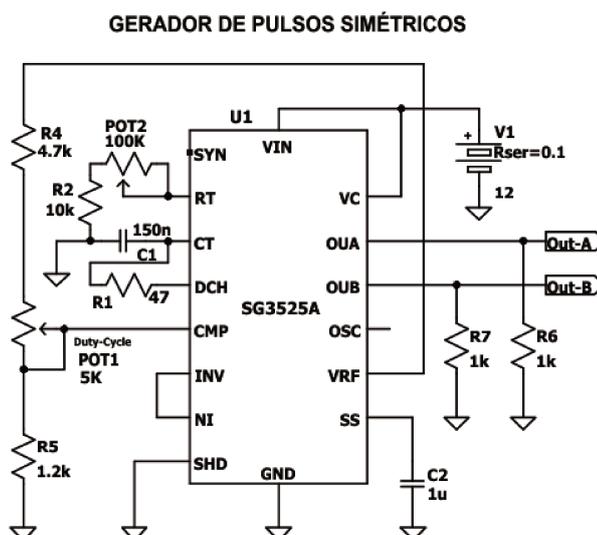


Figura 84 – Gerador de pulsos SG 3525 Fonte: autoria própria.

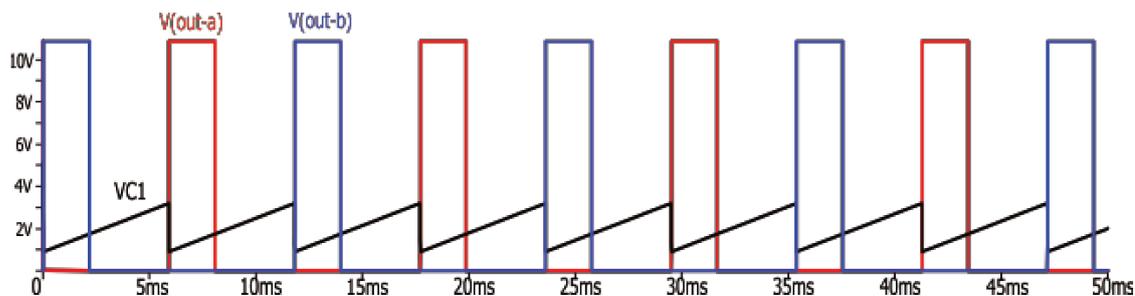


Figura 85 - Simulação LTspice SG 3525 – saídas A e B Fonte: autoria própria.

A Figura 85 exibe as formas de onda do circuito da Figura 84, na qual pode-se observar que há um intervalo de espera entre um pulso da saída A em relação à saída B. Desse modo, tem-se um tempo de espera para os MOSFETs mudarem de estado de condução para corte, antes que o outro entre em operação. Com isso, a resistência de carga do capacitor C3 é, praticamente, a resistência *Dreno/Source* do MOSFET, quando comutado em regime tródo ($R_{DS}=0,85\Omega \rightarrow V_{GS}=10V$, IRF840).

A Figura 86 exibe o circuito de chaveamento com os transistores POWER MOSFETs excitados pelo CI PWM SG 3525. Observa-se que, quando a saída A do

CI SG3525 (OUA – abreviatura para *Output A*) aplica tensão ao *gate* de M2, este conduz corrente e carrega o capacitor C1. Há um tempo de espera para ocorrer o pulso de OUB. Isso evita que os transistores comutem simultaneamente durante a transição de ciclo carga/descarga. Nesse espaço de tempo, o capacitor C1 permanece carregado com o valor nominal de V2. Quando a saída B (OUB) aplica tensão ao *gate* de M1, este conduz e descarrega a tensão do capacitor C1 (VC1) sobre a bobina primária (L1) do transformador de MAT, representado por K L1 L2 1, induzindo picos de MAT no secundário desse transformador (L2).

Como o terminal *source* de M2 está flutuante e conectado a C1, optou-se por um foto-acoplador (U4) para fornecer uma tensão DC independente (V3), com o polo negativo aplicado ao *source* de M2, e o polo positivo ao coletor de U4, que, quando ativado, polariza o gate do M2.

As fontes de alimentação, no circuito da Figura 86, estão representadas com símbolos de bateria. O valor da tensão de carga (V2) é ajustável entre 20 e 140 V, por meio da fonte regulada AT. Para efeitos de simulação, foi utilizado V2=100V.

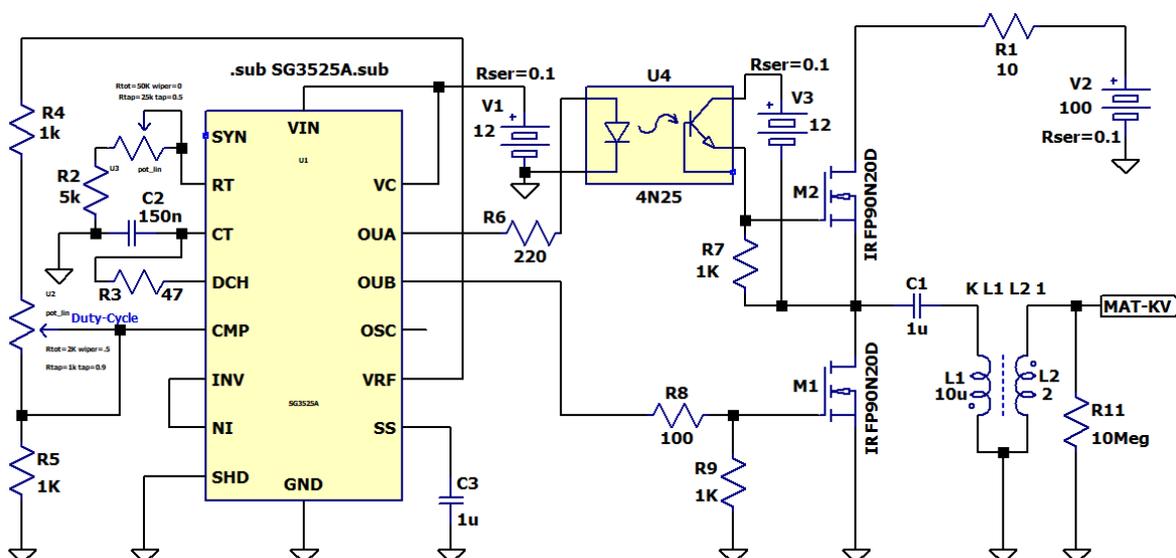


Figura 86 – Circuito para simulação LTspice – Gerador MAT com MOSFET. Fonte: autoria própria.

Com esse tipo de chaveamento, pode-se operar com valores de R1 muito baixos. Neste projeto, para efeitos de teste, optou-se por um resistor R1 de 10 Ω para proteger o MOSFET. Na simulação, foi utilizado o MOSFET IRFP90N20D, que pode ser substituído pelo popular IRF840.

O resultado desse circuito foi uma operação eficiente em toda a gama de frequência, de 100 Hz a 1000 Hz, sem que houvesse aquecimento dos transistores. Essa faixa de frequência é, consideravelmente, baixa perto da capacidade de

chaveamento dos componentes utilizados, que pode chegar, facilmente, à casa dos 400 kHz.

Na Figura 87, pode-se observar que o capacitor C1 carrega rapidamente ao M2 conduzir e permanece carregado com 100 V (VC1) até que ocorra o pulso no *gate* de M1, fazendo com que este conduza e, conseqüentemente, provoque a sua imediata descarga de VC1.

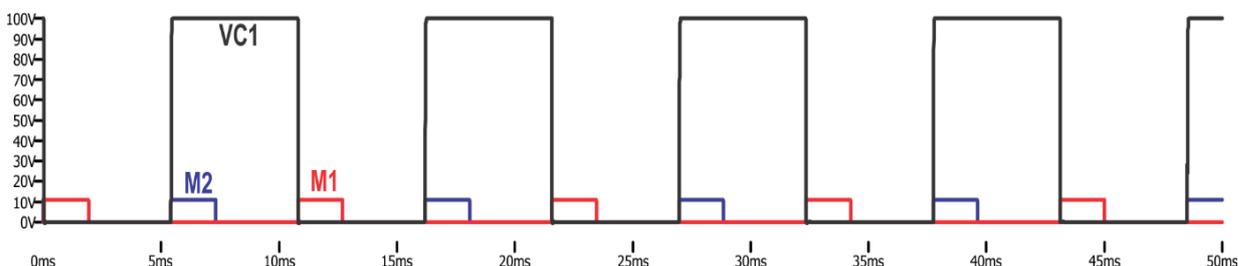


Figura 87 – Simulação LTspice do gerador com dois MOSFETs. Fonte: autoria própria.

Pode-se observar, na Figura 88, que a oscilação amortecida que observamos com o osciloscópio ocorre no momento da descarga de C1.

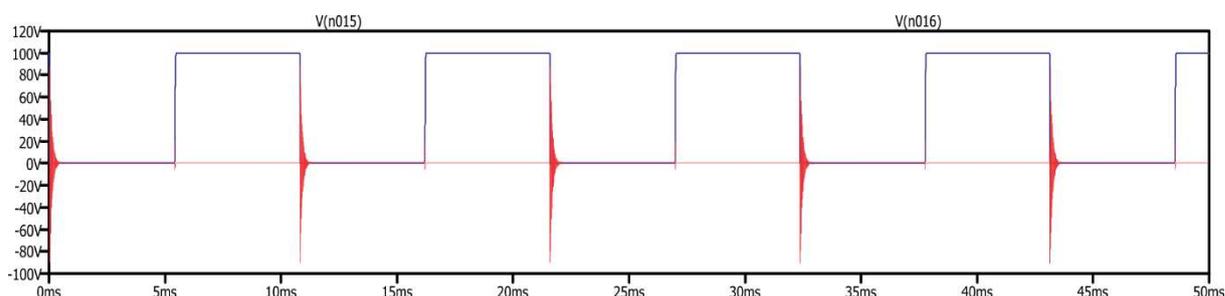


Figura 88 – Oscilação amortecida no momento da descarga de C. Fonte: autoria própria.

Na Figura 89, observa-se um pequeno pico de tensão coincidente com o momento da carga do capacitor C1. Isso ocorre pelo fato de o caminho da corrente de carga de C1 passar por L1.

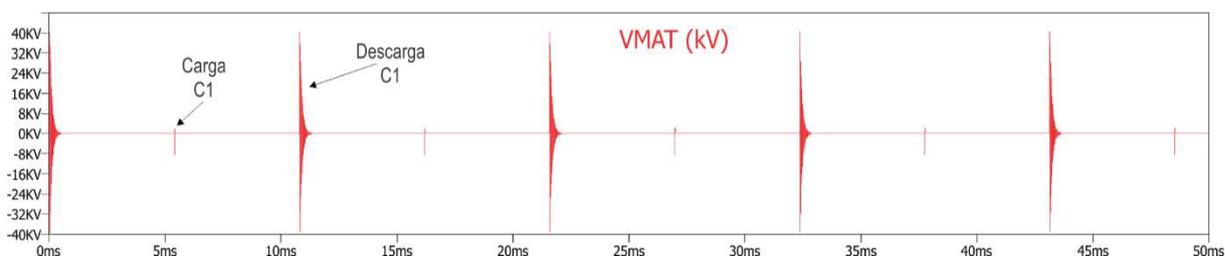


Figura 89 – MAT induzida no secundário do transformador (L2). Fonte: autoria própria.

Como o tempo de queda de 100 V para 0 (zero) V é imperceptível na base de tempo considerada, a Figura 90 exibe a simulação LTspice com uma varredura horizontal mais rápida, em que se pode observar o tempo de descarga de capacitor

C1 medido na confluência entre dreno de M1 e *source* de M2. Observa-se que o tempo de descida da tensão do capacitor é de $(10,00411 \text{ ms} - 10,00293 \text{ ms}) = 0,00118 \text{ ms} = 1,18 \text{ } \mu\text{s}$. A corrente sai de 0 e vai a, aproximadamente, 30 A em um tempo de $(10,00293 - 10,00837) = 0,00544 \text{ ms} = 5,44 \text{ } \mu\text{s}$. Sem o uso do capacitor C1, essa magnitude de corrente não *seria atingida, por isso o termo circuito de descarga capacitiva*.

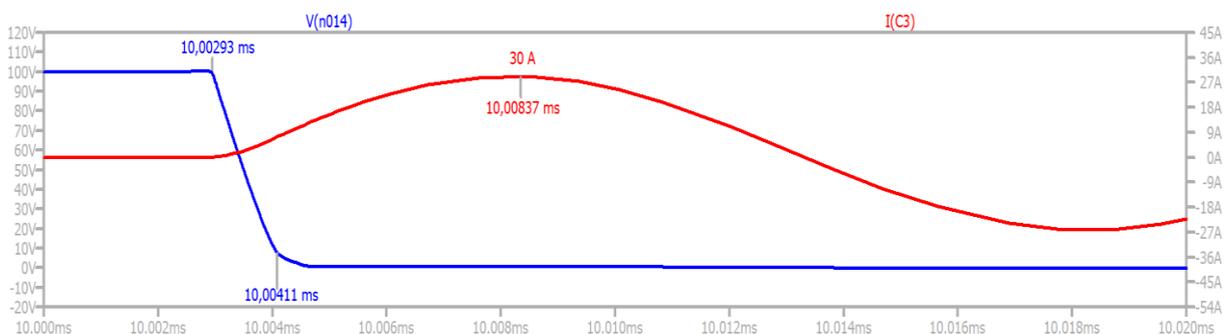


Figura 90 – Tempo de descarga de VC (Dreno de M1). Fonte: autoria própria.

A Figura 91 exibe a variação de corrente em L1 em uma base de tempo maior. Toda a transição de corrente analisada na Figura 90 corresponde ao meio ciclo da senoide amortecida, que exibe a variação da corrente em L1, de 0 a -30 A.

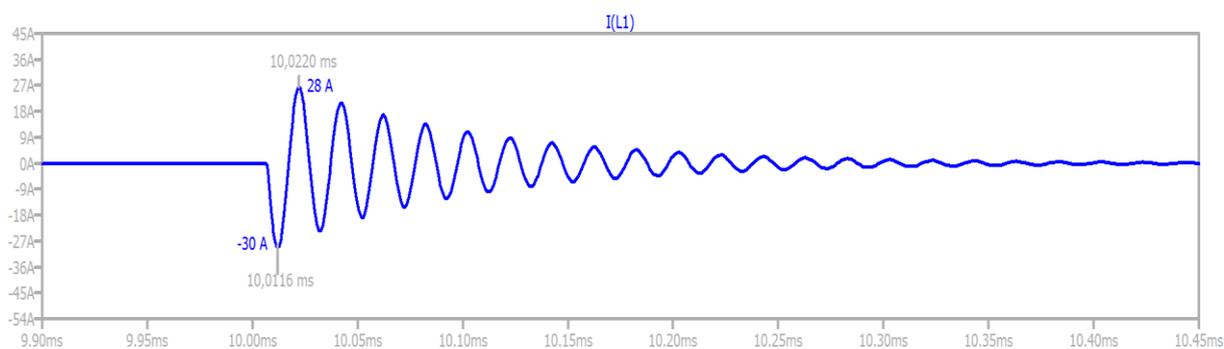


Figura 91 – Variação de corrente no primário do transformador (L1). Fonte: autoria própria.

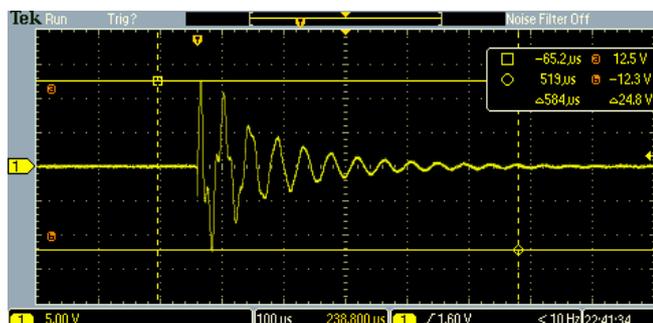


Figura 92 – Medição feita com a ponta divisora montada e osciloscópio digital Tektronix. Fonte: autoria própria.

4.2.10 DIAGRAMA DO GERADOR MAT COM SG3525/2MOSFET

O circuito da Figura 93 refere-se ao Gerador de MAT com dois transistores MOSFET e fonte AT regulada com transistor de alta tensão BUX 48, que pode ser substituído por qualquer outro transistor com $V_{CE0} \geq 400V$ e $I_c \geq 10 A$ e $P_d \geq 125$ e $hFE \geq 20$, de preferência em encapsulamento TO-3. Quanto ao MOSFET 840, pode ser substituído por outro, com $V_{DS} \geq 400V$, $I_d \geq 10 A$, $R_{DS(on)} \leq 1\Omega$ e $t_{d(on)} \leq 20 ns$.

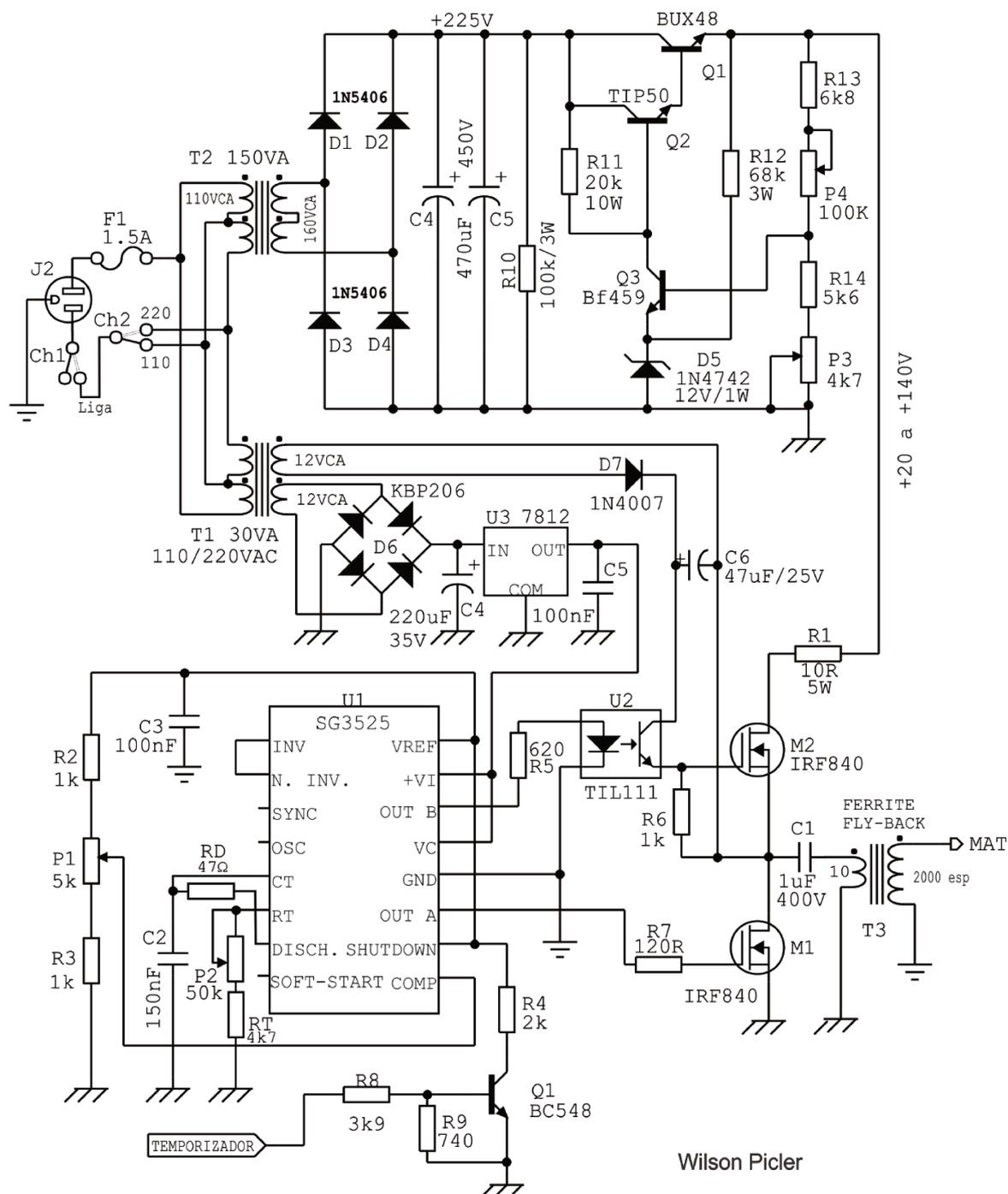


Figura 93 - Esquema elétrico do gerador de MAT com fonte regulada ajustável. Fonte: autoria própria.

4.3 AFERIÇÃO DO GERADOR DE MAT

Uma vez montada e testada a máquina Kirlian, é necessário calibrar o voltímetro do painel de forma que possa exibir a tensão em kV. Essa, na prática, demonstrou ser uma tarefa árdua, pois é preciso utilizar, pelo menos, dois métodos diferentes e confrontá-los para se ter um grau de certeza adequado. Para tanto, adotou-se o método de centelhamento entre esferas (espinterômetro), aliado a um tratamento estatístico de aferição da margem de erros, de acordo com o Guia para a Expressão de Incerteza de Medição ISO GUM (International Organization for Standardization/Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement). Para confrontar os resultados, foi adotado o método de ponta divisora 1/1000 resistiva, com leitura em osciloscópio digital.

4.3.1 MEDIÇÃO DE IMPULSOS DE ALTA TENSÃO

Vários são os métodos de medição de alta tensão, porém há muitas variáveis que afetam o resultado. Como esta dissertação tem foco no efeito Corona, que está, intrinsicamente, ligado a processos de descargas de alta tensão no ar sobre pressão atmosférica, o autor escolheu o método de faiscamento entre esferas para aferir os valores, por usar um conceito de ruptura dielétrica nos gases, mais intrinsecamente relacionado ao fenômeno de descargas elétricas no ar atmosférico. Além do motivo exposto, há de se considerar que estamos lidando com transientes de alta tensão muito rápidos, sendo que o método de faiscamento adapta-se a essa condição.

4.3.2 ESPINTERÔMETRO

O espinterômetro é um instrumento utilizado para medir as tensões de ruptura ou força dielétrica de um material sob teste, por meio do faiscamento entre duas esferas (campo elétrico homogêneo) ou duas pontas (campo elétrico heterogêneo). Na Figura 94, observa-se um antigo modelo de espinterômetro e um espinterômetro moderno Bauer DPA75C.



Figura 94 – Espinterômetro antigo à esquerda e moderno à direita. Fonte: EcuRed.

4.3.3 CONSTRUÇÃO DE UM ESPINTERÔMETRO

Para efetuar as medições de alta tensão e calibração do gerador de MAT, foi construído um espinterômetro fabricado em uma base de poliacetal (Figura 95), dotado de micrômetro de fuso deslizante, Mitutoyo 150/192, e esferas de aço cromado de 20 mm de diâmetro, que consiste em um medidor de alta tensão por centelhamento entre as esferas, largamente empregado em laboratórios de ensaios de alta tensão.

O dispositivo mede o valor da alta tensão por meio do espaçamento entre as esferas quando ocorre a primeira centelha. A utilização desse instrumento consiste em calibrar o micrômetro para uma medida inicial entre as esferas. Aplica-se, então, os pulsos de alta tensão entre as duas esferas, em uma condição em que o espaçamento entre elas seja grande o suficiente para impedir o centelhamento. Em seguida, aproximam-se, lentamente, por meio do micrômetro de fuso, as esferas, até que ocorra a primeira faísca. A medida do espaçamento é obtida na escala do micrômetro. O valor da rigidez dielétrica em campos uniformes é obtido em tabelas de referência editadas por normas de procedimentos, que apresentam os valores para diferentes diâmetros de esferas.

De acordo com a IEC 60052 (IEC 60052, 2002), esse instrumento oferece uma precisão de $\pm 3\%$ para distâncias menores do que 50% do diâmetro da esfera e de $\pm 5\%$ para distâncias entre 50% e 75% do diâmetro da esfera, ambas para um intervalo de confiança de 95%.

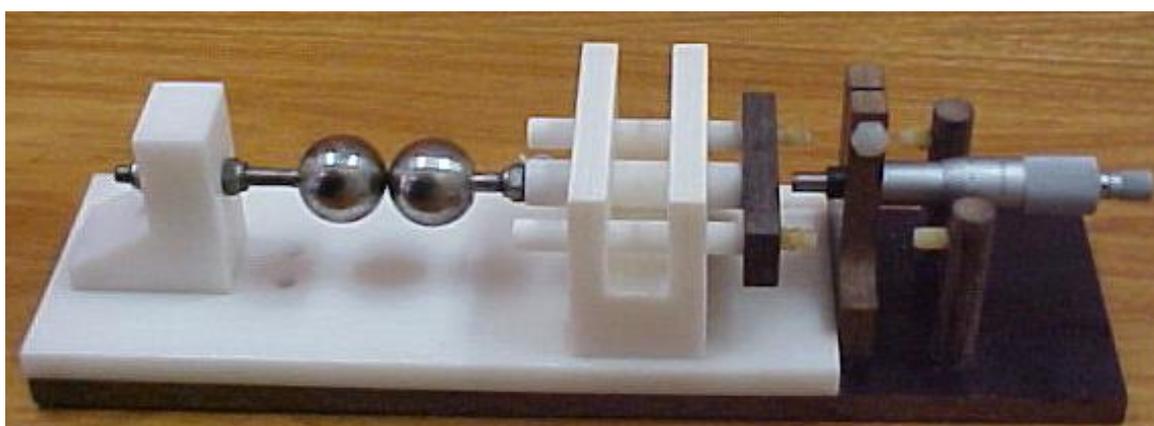


Figura 95 – Primeira versão do espinterômetro desenvolvido em 1994. Fonte: autoria própria.

4.3.4 NORMA IEC 60052

A norma da Comissão Internacional de Eletrotécnica IEC 60052 (IEC - International Electrotechnical Commission) estabelece procedimentos, apresenta diversas tabelas de dados referenciais e fórmulas para correção dos valores medidos, com base nos parâmetros atmosféricos. A norma precisa ser adquirida pelo site webstore.iec.ch. A Figura 21 apresenta o comprovante de que a norma foi adquirida pelo autor desta dissertação, sob o n° WS-2018-013867.



Figura 96 – Comprovante de licença da IEC 60052 para Wilson Picler

IEC60052 MEDIÇÃO DE TENSÃO POR MEIO DE PADRÕES DE DISTANCIAMENTOS ENTRE ESFERAS

A ICE 60052 estabelece recomendações relativas à construção e utilização de sistemas de medição por meio centelhamento entre esferas para a medição dos valores de pico dos seguintes quatro tipos de tensão:

- a) Tensões de correntes alternadas de sistemas de potência
- b) Tensões de centelhamento elétrico
- c) Tensões de impulsos de chaveamento
- d) Tensões de corrente contínua

Medições por centelhamento entre o espaçamento de esferas utilizando esse padrão (IEC60052) são fundamentalmente dirigidas para a aferição do desempenho de outros sistemas de medidas de alta tensão.

“O autor agradece à Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) pela permissão para reproduzir informações de suas Normas Internacionais. Todos esses extratos são propriedade da IEC, Genebra, Suíça. Todos os direitos reservados. Mais informações sobre o IEC estão disponíveis em www.iec.ch. A IEC não se responsabiliza pela colocação e contexto em que as extrações e conteúdos são reproduzidos pelo autor, nem a IEC é responsável de qualquer forma por outro conteúdo ou precisão.” (IEC 60052, 2002)

A Tabela 17 apresenta os limites mínimos e máximos de distanciamentos dos elementos do espinterômetro (*clearance*), conforme especificado na Figura 97. As letras D e S referem-se ao diâmetro e ao espaçamento (*spacing*) das esferas respectivamente. Algumas vezes, S é denominado de d (minúsculo) significando a inicial da palavra distanciamento.

Tabela 17 – Limites mínimos de afastamento de objetos próximos às esferas. Fonte: IEC60052.

IEC 60052-2002		Clearance limits	
Sphere diameter D cm	Minimum value of height A	Maximum value of height A	Minimum value of distance B
Up to 6,25	$7 D$	$9 D$	$14 S$
10 -15	$6 D$	$8 D$	$12 S$
25	$5 D$	$7 D$	$10 S$
50	$4 D$	$6 D$	$8 S$
75	$4 D$	$6 D$	$8 S$
100	$3,5 D$	$5 D$	$7 S$
150	$3 D$	$4 D$	$6 S$
200	$3 D$	$4 D$	$6 S$

IEC 60052:2002 - Clearance

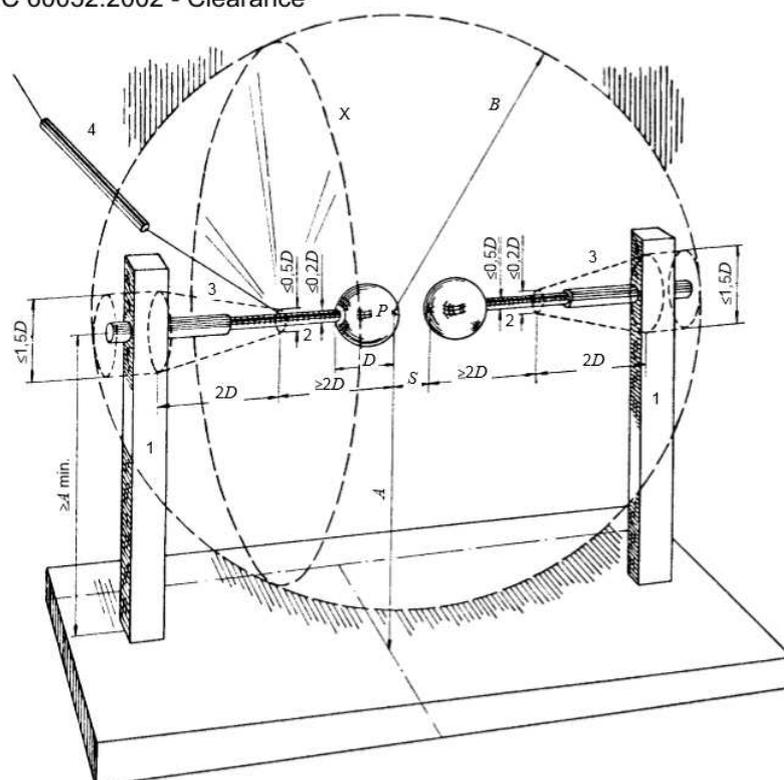


Figura 97 – Afastamentos. Fonte: IEC60052.

4.3.5 NOVO MODELO DE ESPINTERÔMETRO DE ESFERAS

De acordo com a Figura 97 (distanciamentos), um novo espinterômetro foi construído (Figura 98) visando atender requisitos da IEC60052. As modificações consistiram em:

1. Troca das esferas por novas com 2,0 cm de diâmetro.
2. Elevação da altura das esferas para se enquadrar entre 7 e 9 vezes o diâmetro da esfera.
3. Troca do eixo de acordo com a norma.
4. Aumento das distâncias de livramento horizontal entre as esferas e o cavalete.
5. Introdução do resistor (4) na Figura 97.

É necessário seguir, cuidadosamente, as especificações da IEC60052 porque as medidas com o espinterômetro serão feitas com base na Tabela nº 3 da IEC, que correlaciona os valores de alta tensão com os diferentes espaçamentos. Não se utilizam dados que não estejam referenciados na norma. Dessa forma, a precisão da medida estará vinculada à precisão do método e à fidelidade no atendimento às recomendações da norma. Imagine que uma equipe de engenheiros e físicos de diferentes instituições e países reúnem-se para editar essas normas. Há muito esforço intelectual e experimental na sua edição, sendo que o mais seguro a se fazer é segui-las com grande acuidade, assim, é possível um grau de certeza bastante confortável ao utilizar-se o espinterômetro para calibrar outros aparelhos e, inclusive, para conferir a assertividade de outros métodos.

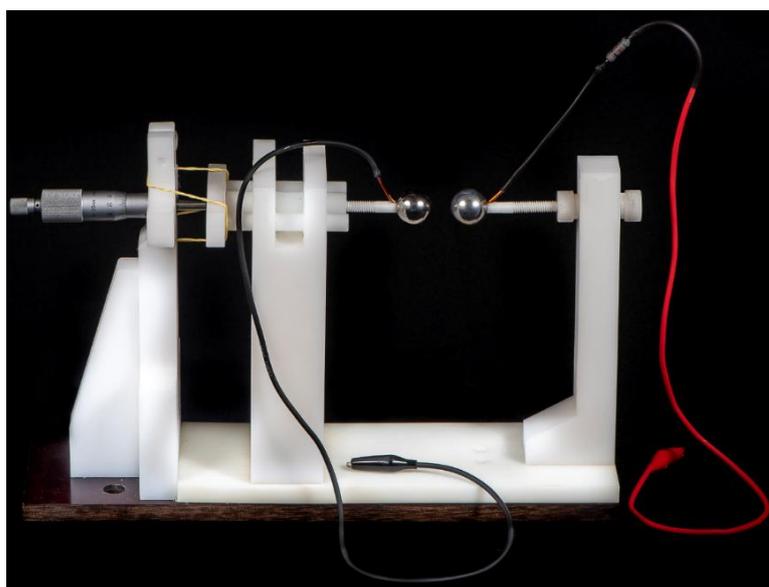
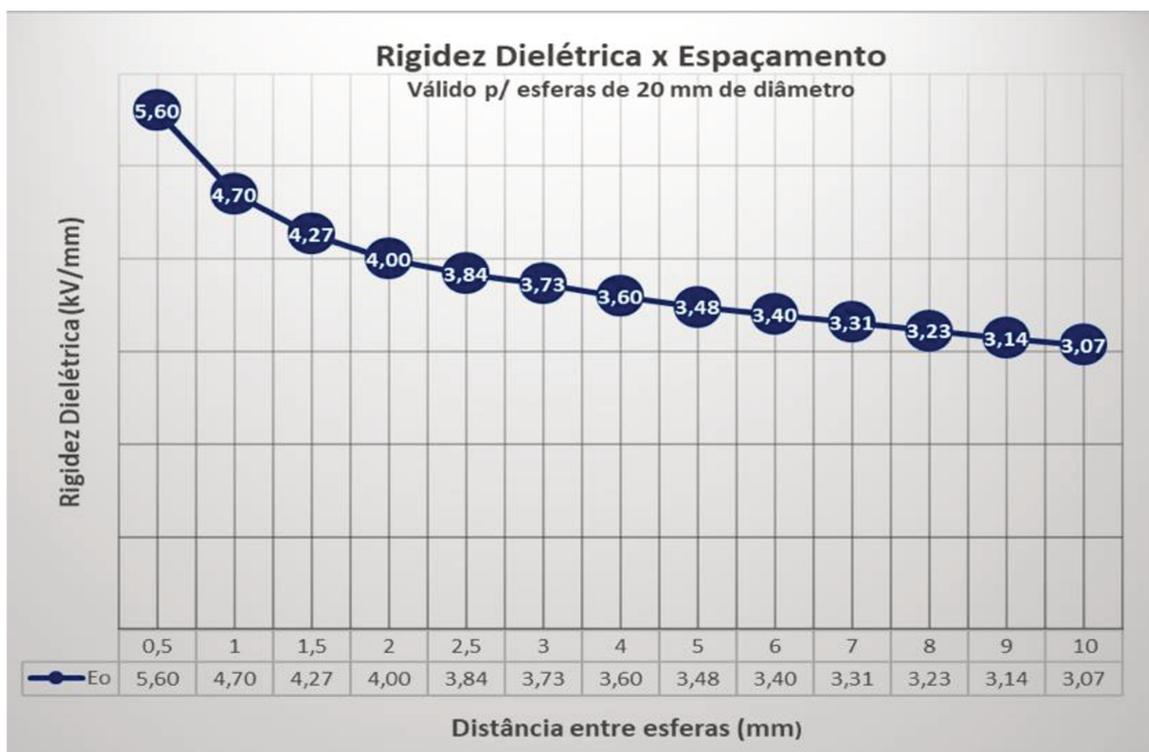


Figura 98 – Novo espinterômetro, de acordo com a Norma IEC60052 Fonte: autoria própria.

O valor da rigidez dielétrica para esferas de 20 mm de diâmetro situa-se entre 3,07 kV a 5,6 kV, dependendo da distância entre elas. Observa-se que não é uma constante, como muitos imaginam (Tabela 18).

Tabela 18 – Rigidez dielétrica do ar para esferas de 2,0 cm de diâmetro. Fonte: autoria própria.



4.3.6 MEDIÇÃO DE ALTA TENSÃO POR FAISCAMENTO ENTRE PONTAS

Uma forma mais prática, porém menos precisa, de medir o valor da alta tensão é por meio da distância entre pontas (eletrodos pontiagudos). A Tabela 19 apresenta os valores de tensão x espaçamento entre pontas e seus respectivos valores de rigidez dielétrica E/d .

Tabela 19 – kV x d(cm) e rigidez dielétrica E/d para pontas.
Fonte: CRC Handbook of Chemistry and Physics (62nd edition).

d (cm)	E (kV)	E/d
0,42	5	11,9
0,85	10	11,8
1,3	15	11,5
1,75	20	11,4
2,2	25	11,4
2,69	30	11,2
Média		11,5

4.3.7 FATOR DE CORREÇÃO DA DENSIDADE DO AR

A norma IEC 60052-2002 estabelece as condições padrão com as quais foram levantados os dados referenciais apresentados nas tabelas de tensão x espaçamento das esferas.

Tabela 20 - Atmosfera padrão considerada na IEC 60052/2002.

IEC60052 - Atmosfera padrão de referência é:		
Temperatura	T_0	20 °C
Pressão	B_0	101,3 kPa (1013 mbar)
Umidade absoluta	H_0	8,5 g/m ³

O fator de correção (δ) da densidade do ar atmosférico pode ser calculado pela equação (31).

$$\delta = \frac{P}{1013} \frac{(273 + 20)}{(273 + t)} \quad (31)$$

Na Equação (31, acima, t é a temperatura do ar no local do experimento, expressa na escala Celsius (°C) e P é a pressão atmosférica em hPa (hecto Pascal).

4.3.8 FATOR DE CORREÇÃO DE UMIDADE DO AR

A rigidez dielétrica do ar aumenta com a elevação da umidade absoluta do ar na razão de 0,2% por grama cúbica de umidade do ar. O fator de correção de umidade do ar (k) pode ser calculado pela fórmula (32), extraída da IEC 60052/2002.

$$k = 1 + 0,002 \left(\frac{h}{\delta} - 8,5 \right) \quad (32)$$

Na equação acima, h é a umidade absoluta em g/m³, note-se que é diferente de umidade relativa. Para obtenção da umidade absoluta, deve-se consultar a seção 5.6.9 desta dissertação ou utilizar os programas de psicrometria da *web* e, com base na altitude, na temperatura e na umidade relativa do local do experimento, calcular o valor da umidade absoluta.

Observa-se que, nas condições atmosféricas de referência da IEC 60052, (Tabela 20), os cálculos resultam em $\delta=1$ e $K=1$, o que significa multiplicar E por 1 x 1, ou seja, nenhuma correção efetiva.

4.3.9 INTERPOLAÇÃO DOS DADOS DA IEC 60052

Para efetuar a calibração e alcançar uma precisão aceitável, é necessária a coleta de diversas amostras de cada tensão, o que gera uma quantidade bastante grande de dados, com a necessidade de se calcular as devidas correções atmosféricas. Para facilitar, agilizar e minimizar a possibilidade de erros nos cálculos, foram programadas planilhas Excel. Para que se pudesse calcular o valor da alta tensão para qualquer medida de distância, em vez de se utilizar as tabelas que apresentam dados para algumas distâncias, procedeu-se à regressão linear com interpolação dos dados da tabela apresentada na IEC 60052. Para a regressão linear dos dados da tabela, foi utilizado o programa Origin 2018. A equação polinomial encontrada 6ª ordem apresenta um coeficiente de determinação (R^2) de 0,99999 e expressa o valor de alta tensão em função dos espaçamentos entre as esferas.

4.3.10 EQUAÇÃO POLINOMIAL

A Equação, obtida com a utilização do software Origin, permite calcular o valor da alta tensão (E_{kV}) em função do espaçamento máximo entre as esferas (d_{cm}).

$$E (kV) = 0,67908 + 46,20066d - 82,30937d^2 + 234,93756d^3 - 349,75155d^4 + 249,90799d^5 - 68,96562d^6$$

Equação 33. Fonte: autoria própria.

A título de verificação, os valores de espaçamento das esferas (d) x alta tensão (E), retirados da IEC 60052, estão representados nas colunas da esquerda (em verde) da Tabela 21 e, à direita (em azul), os valores calculados com a Equação 33.

Tabela 21 – E (kV) x d (cm) de referência (verde) e calculado (azul). Fonte: autoria própria.

Tensão x distanciamento		
Válida p/ 0,05cm ≥ d ≤ 1 cm (esferas 2,0 cm)		
REF. IEC60052	POLINÔMIO	
d (cm)	E (kV)	E (kV)
0,05	2,8	2,81
0,1	4,7	4,68
0,15	6,4	6,39
0,2	8	8,02
0,25	9,6	9,62
0,3	11,2	11,20
0,4	14,4	14,35
0,5	17,4	17,44
0,6	20,4	20,40
0,7	23,2	23,18
0,8	25,8	25,80
0,9	28,3	28,30
1	30,7	30,70

4.3.11 QUADRO RESUMO E (kV) X d (cm)

A Figura 99 resume os principais elementos necessários para calcular o valor da alta tensão em função do espaçamento entre esferas com as devidas equações de correção atmosférica.

É importante observar que o polinômio apresentado é válido apenas para o intervalo de distâncias entre as esferas de 0,05 cm e 1,00 cm, que cobre uma faixa de tensão aproximada entre 1,5 kV a 30 kV. A equação considera as distâncias (d) em centímetros (cm).

O espinterômetro deve estar afastado de objetos metálicos, aparelhos aterrados em todas as direções, pelo menos, a uma distância de 14 vezes a distância entre as esferas, ou seja, para d=1cm, 14 cm de afastamentos.

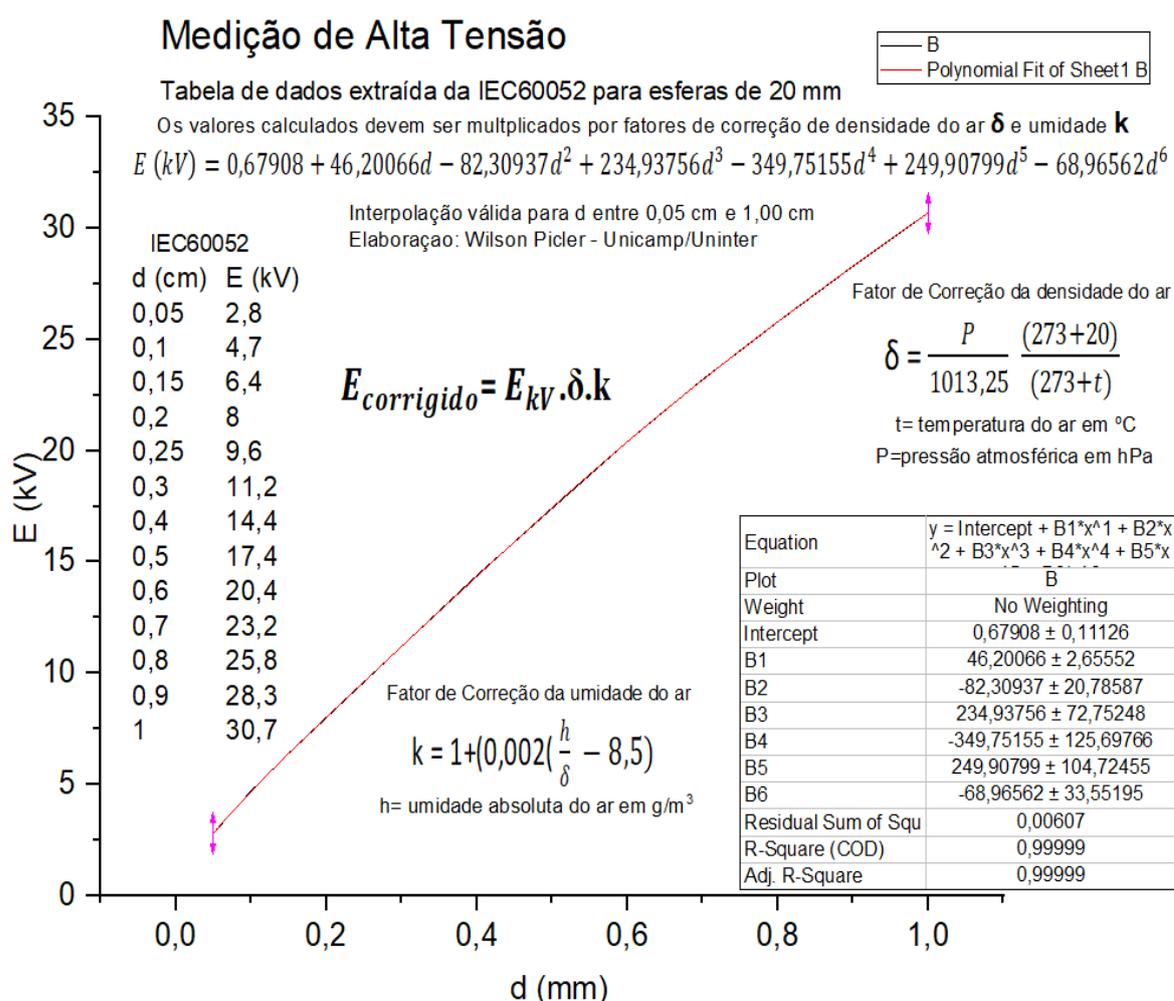


Figura 99 – Quadro resumo da norma IEC 60052:2002. Fonte: autoria própria.

4.3.12 INSTRUMENTO PARA AS MEDIDAS PSICROMÉTRICAS

Para efetuar as medidas psicrométricas – referentes às condições climáticas – foi adquirido um barômetro Termo Higo Digital Datalogger MHB-382SD (Figura 100 e Tabela 22).



Figura 100 - Barômetro Termo Higo Digital Datalogger MHB-382SD. Fonte: impac.com.br.

Tabela 22 - Especificações do MHB-382SD. Fonte: impac.com.br.

Umidade Relativa			
Unidade	Escala	Resolução	Precisão
%UR	10 a 90% UR	0,1% UR	>70% UR: $\pm (4\% + 1\%UR)$ >70% UR: $\pm (4\% + 1\%UR)$
Temperatura			
Unidade	Escala	Resolução	Precisão
°C / °F	0 a 50°C / 32 a 122°F	0,1°C	$\pm 0,8^{\circ}C / 1,5^{\circ}F$
Barômetro			
Unidade	Escala	Resolução	Precisão
hPA	10,0 a 1000,0	0,1	$\pm 2hPa$
	1001,0 a 1100,0	0,1	$\pm 3 hPa$
mmHg	7,5 a 825,0	0,1	$\pm 1,5 mmHg$
inHg	0,29 a 32,48	0,01	$\pm 0,1 inHg$

4.3.13 EXEMPLO DE CORREÇÃO ATMOSFÉRICA

Um espinterômetro mediu um faiscamento de 4,5 mm sob uma pressão atmosférica de 911 hPa; temperatura ambiente de 23 C e umidade relativa do ar de 62%. Aplicando-se $d=0,45$ cm (4,5 mm) na equação polinomial (Equação 33); encontra-se o valor de **15,91 kV**.

Cálculo do fator de correção (δ) da densidade do ar:

$$\delta = \frac{P}{1013} \frac{(273 + 20)}{(273 + t)} \quad \delta = \frac{910}{1013} \frac{(273 + 20)}{(273 + 23)} = 0,89 \quad (34)$$

Fator de correção (k) da umidade do ar:

Consultando a Tabela 10, encontra-se a umidade absoluta de saturação de 20 g/m³. Considerando a umidade relativa de 62%, tem-se uma umidade absoluta (h) (35):

$$h = 0,62 \cdot 20 \frac{g}{m^3} = 12,4 \frac{g}{m^3} \quad (35)$$

De posse da umidade absoluta (h), pode-se calcular o

Fator de Correção (k) da Umidade:

$$k = 1 + 0,002 \left(\frac{h}{\delta} - 8,5 \right) \quad k = 1 + 0,002 \left(\frac{12,4}{0,89} - 8,5 \right) = 1,012 \quad (36)$$

Para encontrar o coeficiente de correção final, é preciso multiplicar os dois coeficientes anteriores.

$$\delta \cdot k = 0,89 \cdot 1,012 = 0,90 \quad (37)$$

Para corrigir o valor da tensão medida, deve-se multiplicar o valor original por 0,90, o que corresponde a uma correção final de -10%.

$$E_{\text{corrigido}} = E \cdot \delta \cdot k \quad (38)$$

$$E_{\text{corrigido}} = 15,8 \text{ kV} \cdot 0,9 = 14,2 \text{ kV} \quad (39)$$

$$E_{\text{corrigido}} = \mathbf{14,2 \text{ kV}}$$

4.3.14 AFERIÇÃO DO VOLTÍMETRO DE MAT

Para a realização das medidas de alta tensão, foram programadas planilhas de Excel (tabelas 23 e 24) e foram coletadas distâncias entre esferas em mm para cada valor de carga do capacitor VC (coluna amarelas) em 5 momentos diferentes. Os dados de psicrometria foram atualizados a cada medida (dados em azul). Por fim, a Tabela 23 calcula o valor da umidade absoluta (UA).

Tabela 23 - Medição de AT – Tabela de entrada de dados. Fonte: autoria própria.

ENTRADA DE DADOS			PSICROMETRIA			
Data 19/12/18			$UA = UR \cdot 1330 \frac{e^{17,62 T}}{(T+273,16)^{243,12}}$			
Local:						
Altitude	924,3	m	DADO	DADO	DADO	CÁLCULO
Hora	Tensão de Carga do Capacitor V C (V)	Distância entre as esferas d (mm)	Pressão atmosférica P (hPa)	Temp. ambiente T (°C)	Umidade Relativa do Ar UR %	Umidade Absoluta UA (g/m ³)
23:12	30	0,68	906,6	28	67%	18,26
23:12	40	1,12	906,6	28	67%	18,26
23:12	50	1,52	906,6	28	67%	18,26
23:13	60	1,85	906,6	28	67%	18,26
23:13	70	2,03	906,6	28	67%	18,26
23:13	80	2,21	906,6	28	67%	18,26
23:13	90	2,48	906,6	28	67%	18,26
23:14	100	2,57	906,6	28	67%	18,26
23:15	110	2,88	906,6	28	67%	18,26
23:15	120	3,41	906,6	28	67%	18,26
23:16	130	3,69	906,6	28	67%	18,26
23:16	140	4	906,6	28	67%	18,26

A Tabela 24 calcula o valor da tensão e os fatores de correção δ e k e apresenta o valor da MAT corrigido, com o seu respectivo percentual de correção.

Tabela 24 - Medição de AT – Tabela de cálculos de correções atmosféricas. Fonte: autoria própria.

CALCULADORA DE ALTA TENSÃO (E_{kv}) ESFERAS C/ D=2,0 cm									
(Referenciado na IEC60052)					Elaboração: Wilson Picler 06/12/2018 Uninter/Unicamp				
Válido p/ esferas de 20 mm e para d maior que 0,05 cm e menor que 1 cm									
CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	DADO	DADO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO
d (cm)	E (kV)	Rigidez Dielétrica (kV/cm)	Pressão (hPa)	Temp. (°C)	δ	Umidade Absoluta (g/m ³)	k	$E_{\text{corrigido}}$ (kV)	Correção (%)
0,068	3,51	51,57	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	3,13	-10,7%
0,112	5,10	45,54	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	4,55	-10,7%
0,152	6,46	42,48	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	5,77	-10,7%
0,185	7,54	40,75	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	6,73	-10,7%
0,203	8,12	39,99	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	7,25	-10,7%
0,221	8,69	39,34	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	7,76	-10,7%
0,248	9,55	38,52	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	8,53	-10,7%
0,257	9,84	38,28	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	8,78	-10,7%
0,288	10,82	37,57	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	9,66	-10,7%
0,341	12,49	36,64	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	11,15	-10,7%
0,369	13,38	36,25	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	11,94	-10,7%
0,4	14,35	35,87	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	12,81	-10,7%

4.3.15 ERRO-PADRÃO MÉDIO RELATIVO

Para estimar-se o valor do desvio-padrão da média, optou-se por utilizar valores relativos em % porque as medidas referem-se a diferentes valores de tensão de descarga e, conseqüentemente, diferentes valores de alta tensão, dessa forma, utilizar o valor em percentual reflete a média geral dos desvios das medidas, independentemente se é referente a 5 kV ou a 10 kV. Para tanto, calculou-se a média dos erros-padrão relativos (Tabela 25), cujos dados são oriundos de cálculos das baterias de medidas, vide anexo.

Tabela 25 - Cálculo do erro-adrão relativo médio. Fonte: autoria própria.

Tensão Capacitor	E (kV) corrigido	Desvio δ	Desvio Padrão	Erro Padrão	Erro Padrão relativo
30	3,31	0,110	0,11	0,049736	1,5%
40	4,63	0,116	0,14	0,062201	1,3%
50	5,68	0,114	0,29	0,12935	2,3%
60	6,68	0,111	0,10	0,045517	0,7%
70	7,44	0,106	0,25	0,112651	1,5%
80	7,91	0,099	0,18	0,078732	1,0%
90	8,60	0,096	0,07	0,032667	0,4%
100	8,86	0,089	0,11	0,050537	0,6%
110	9,57	0,087	0,31	0,136775	1,4%
120	10,84	0,090	0,24	0,109556	1,0%
130	11,87	0,091	0,12	0,055552	0,5%
140	12,86	0,092	0,15	0,066231	0,5%
Erro Padrão Relativo Médio					1,06%

Para efetuar os cálculos das contribuições de cada uma das fontes de incertezas (Tabela 26), adotou-se o valor de 8 kV.

Tabela 26 – Cálculo das fontes de incertezas Fonte: autoria própria.

	SÍMB.	FONTES DE INCERTEZA		BASE	8	TIPO	DISTRIBUIÇÃO PROBABILIDADE	Divisor	GDL	Incerteza Padrão
1	UV	Incerteza do Voltímetro	0,1 V	0,01	kV	B	RETANGULAR	$\sqrt{3}$	infinito	3,33E-05
2	URV	Resolução do Voltímetro	0,1 V	0,01	kV	B	RETANGULAR	$2\sqrt{3}$	infinito	7,50E-05
3	UB	Incerteza do Barométrica	$\pm 0,3\%$	0,03	kV	B	RETANGULAR	$\sqrt{3}$	infinito	3,00E-04
4	UT	Incerteza Térmica	$\pm 0,2\%$	0,02	kV	B	RETANGULAR	$\sqrt{3}$	infinito	1,33E-04
5	UH	Incerteza Higrométrica	$\pm 0,2\%$	0,02	kV	B	RETANGULAR	$\sqrt{3}$	infinito	1,33E-04
6	URB	Resolução do Barômetro	$\pm 0,04\%$	0,0032	kV	B	RETANGULAR	$2\sqrt{3}$	infinito	7,68E-06
7	URT	Resolução do Termômetro	$\pm 0,02\%$	0,0016	kV	B	RETANGULAR	$2\sqrt{3}$	infinito	8,53E-07
8	URH	Resolução do Higrômetro	$\pm 0,05\%$	0,004	kV	B	RETANGULAR	$2\sqrt{3}$	infinito	1,20E-05
9	URM	Resolução Micrômetro (mm)	0,01	0,032	kV	B	RETANGULAR	$2\sqrt{3}$	infinito	7,68E-04
10	UkV	Desvio Padrão da medida (kV)	1,06%	0,0848	kV	A	t-student	\sqrt{n}	n-1	1,44E-03
11	Umeth	Incerteza do método	3%	0,240	kV	B	t-student (herdada)	2	infinito	1,44E-02
									Σ_u	1,73E-02

4.3.16 INCERTEZA COMBINADA

$$U_c = \pm \sqrt{\left(\frac{0,01}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,01}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,02}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,02}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,0032}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,0016}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,004}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,032}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,0848}{\sqrt{5}}\right)^2 + \left(\frac{0,240}{2}\right)^2} = \pm 0,132 \text{ kV}$$

Equação 40 – Incerteza Combinada (U_c)

4.3.17 NÚMERO EFETIVO DE GRAUS DE LIBERDADE

$$V_{eff} = \frac{0,132^4}{\frac{(0,01)^4}{\infty} + \frac{(0,01)^4}{\infty} + \frac{(0,03)^4}{\infty} + \frac{(0,02)^4}{\infty} + \frac{(0,02)^4}{\infty} + \frac{(0,0032)^4}{\infty} + \frac{(0,0016)^4}{\infty} + \frac{(0,004)^4}{\infty} + \frac{(0,032)^4}{\infty} + \frac{(0,0848)^4}{(5-1)} + \frac{(0,300)^4}{\infty}}$$

$$V_{eff} = \frac{0,132^4}{\frac{(0,0848)^4}{(5-1)}} = 23,15$$

Equação 41 – Número efetivo de graus de liberdade (V_{eff}).

4.3.18 INTERVALO DE CONFIANÇA

Tabela 27 – Fator de abrangência para um intervalo de confiança de 95,45% ($K_{95,45\%}$).

Fonte: (Pedott, 2012).

V_{eff}	$k_{95,45\%}$	V_{eff}	$k_{95,45\%}$
1	13,97	15	2,18
2	4,53	16	2,17
3	3,31	17	2,16
4	2,87	18	2,15
5	2,65	19	2,14
6	2,52	20	2,13
7	2,43	25	2,11
8	2,37	30	2,09
9	2,32	35	2,07
10	2,28	40	2,06
11	2,25	45	2,06
12	2,23	50	2,05
13	2,21	100	2,025
14	2,20	acima de 100	2,00

4.3.19 EXPRESSÃO DO VALOR COM A INCERTEZA EXPANDIDA AFERIDA

Tabela 28 – Incerteza expandida para intervalo de confiança de 95,45% Fonte: própria.

$U_c \pm$	0,132	kV	Incerteza Combinada
V_{eff}	23,16	Welch-Satterthwaite	Graude de Liberdade Efetivo
$K_{95,45\%}$	2,11	Tabela 27	Fator de Abrangência
$U \pm$	0,278	$U_c \cdot K_{95,45\%}$	Interteza Expandida
E	8	kV	Tensão de Referência
$U \%$	3,5%	\pm	Intcerteza Expandida Relativa

$$V \text{ (kV)} = V \text{ (kV) corrigido} \pm 3,5\%$$

4.3.1 PONTA DIVISORA PARA MEDIÇÃO DE ALTA TENSÃO

Para checar a consistência das medidas com o espinterômetro e também para analisar a forma de onda gerada pelo circuito de descarga capacitiva, por meio da amostragem da MAT (secundário do transformador elevador), foram construídas diversas pontas divisoras.

A primeira tentativa foi utilizar uma ponta de medição de alta tensão Fluke, modelo 80K-40 (Figura 101).



Figura 101 – Ponta 80K-40. Fonte: Fluke

Essa ponta oferece uma resistência da ordem de $1\text{ G}\Omega$ ($1000\text{ M}\Omega$) e uma precisão elevada para medição de tensões DC. Especificações do fabricante:

Teste de performance:

Verifique a precisão da sonda medindo um valor da tensão de $25\text{ kV CC} \pm 0,25\%$. Quando usado com um voltímetro DC compatível, a ponta deve medir a referida tensão com precisão de $\pm 1\%$.

† Faixa de tensão: 1 kV a 40 kV cc ou pico CA, 28 kV rms AC

Resistência de entrada: $1000\text{ M}\Omega$

Razão de Divisão: $1000:1$ (atenuação de $1000X$)

Precisão DC: 20 kV a 35 kV : $\pm 1\%$ a 20°C a 30°C ; adicionar 1% a 10°C

$<20^\circ\text{C}$ e $>30^\circ\text{C}$ a 45°C . (Para total precisão de medição adicione especificação de precisão do voltímetro sendo usado.)

0 kV a $<20\text{ kV}$ e $>35\text{ kV}$ a 40 kV : $\pm 2\%$.

Precisão AC: 60 Hz , $\pm 5\%$.

Segurança: Atende IEC 1010-2-031: 1993, Tipo B, 40 kV dc ou pico

CA, 28 kV rms ac , Categoria de sobretensão I (tensões derivadas de transformadores de baixa potência).

Esta ponta foi desenvolvida para medir Alta Tensões de Tubos de Raios Catódicos (MAT de corrente contínua) e de equipamentos de Fotocópia. **Não utilize esta ponta para medir alta tensão de rede de distribuição de energia elétrica** (Fluke Corporation, 1997).

No entanto, para medições de transientes muito rápidos e da ordem de 15 kV, seguido de uma senoide amortecida com frequência da ordem de 27 kHz, a ponta 80 K-40 apresentou resultados muito distantes dos obtidos pelo espinterômetro, provavelmente, por ter uma resistência muito elevada (1 G Ω). Há de se considerar que o fabricante Fluke indica essa ponta para medição de sinal AC de 60 Hz.

A segunda tentativa foi construir uma ponta, com uma resistência mais baixa, associando-se 10 resistores de filme metálico de 1 W de 1 M Ω em série, conectados a um último resistor de 10 k. Os resistores foram colocados em um tubo de baquelite, com espaçadores para mantê-los ao centro e, então, preenchido com resina de poliéster, cuja rigidez dielétrica situa-se entre 130 a 220 kV/cm (Shimidt, 1979), resultando na ponta exibida na Figura 102.

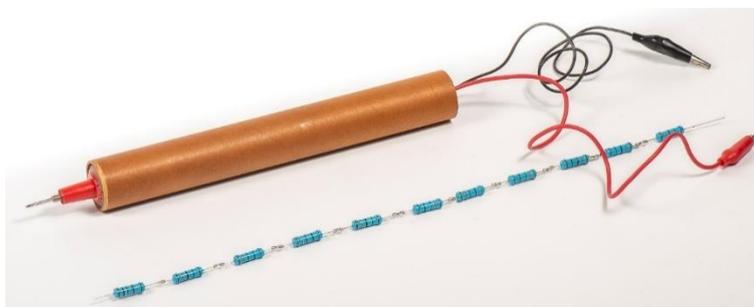


Figura 102 - Ponta divisora de 1/1000 montada com resistores de filme metálico.
Fonte: Luiz Antonio Ferreira dos Santos/ Foto: Rodrigo Leal.

A medição da MAT com a ponta divisora foi realizada com um osciloscópio digital Tektronix (Figura 104), por meio dos cursores/marcadores (traços) Figura 103. A leitura é exibida no retângulo (ex. 12,5 V equivale a 12,5 kV).

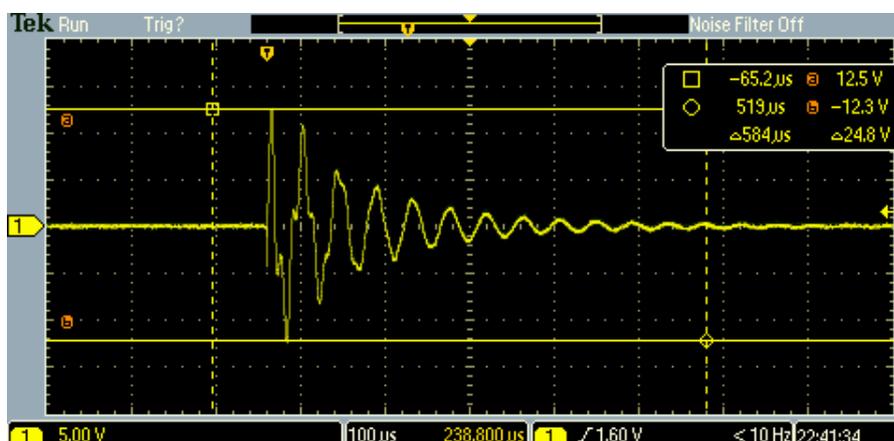


Figura 103 - Medição da MAT com a ponta divisora e osciloscópio digital Tektronix MSO2012B.
Fonte: autoria própria/Luiz Antonio Ferreira dos Santos /Luiz A. Polydoro.

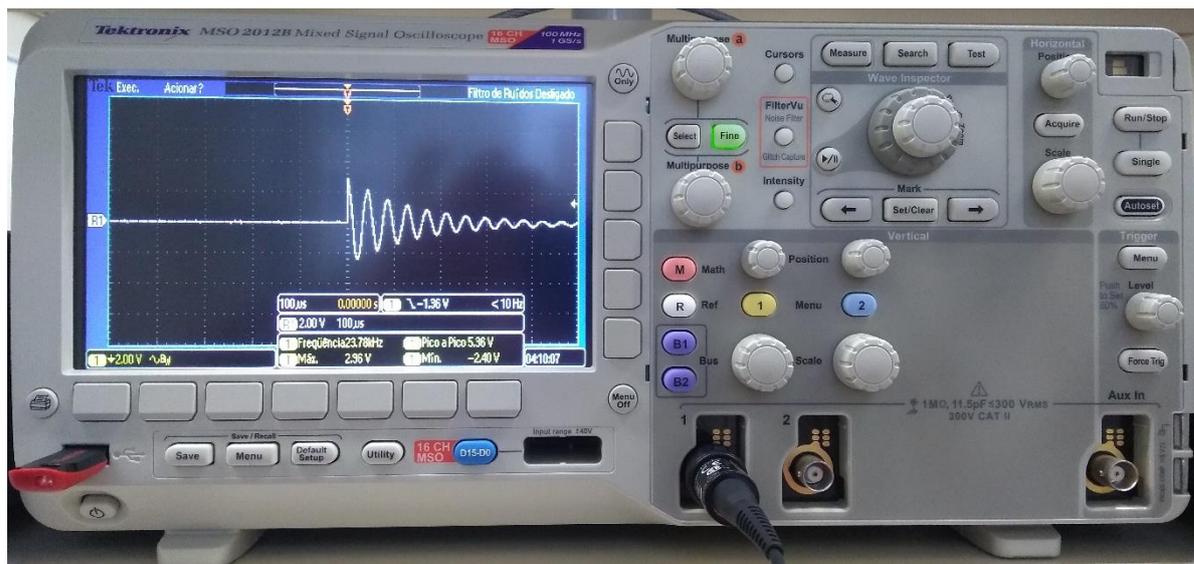


Figura 104 - Osciloscópio digital Tektronix MSO2012B. Foto: Rodrigo Leal.

A Tabela 29 apresenta as medidas com a ponta divisora da Figura 102, com um osciloscópio. Foram tomadas cinco medidas de cada ajuste de tensão no painel da máquina Kirlian. O desvio relativo aferido foi de 5%. Ou seja, a ponta mediu um valor 5% a mais do que o ajustado no painel.

Tabela 29 - Medição da MAT com a ponta divisora e osciloscópio Tektronix. Fonte: autoria própria.

MEDIDAS DE MAT C/ OSCILOSCÓPIO TEKTRONIX E PONTA DIVISORA 1/1000									
PAINEL	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	Média	Módulo	Desvio	Desvio Rel.
(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(%)
12	-12,6	-12,4	-12,5	-12,5	-12,5	-12,5	12,5	0,5	4,2%
11	-10,7	-11,7	-11,7	-11,5	-11,7	-11,46	11,46	0,46	4,2%
10	-9,9	-10,5	-10,7	-10,7	-10,7	-10,5	10,5	0,5	5,0%
9	-8,9	-9,7	-9,5	-9,7	-9,7	-9,5	9,5	0,5	5,6%
8	-7,9	-8,5	-8,5	-8,7	-8,5	-8,42	8,42	0,42	5,2%
7	-6,9	-7,5	-7,3	-7,5	-7,5	-7,34	7,34	0,34	4,9%
6	-5,9	-6,5	-6,5	-6,5	-6,5	-6,38	6,38	0,38	6,3%
								MÉDIA	5,0%

4.3.2 RESISTORES NÃO INDUTIVOS PARA ALTA TENSÃO

A terceira tentativa de construir uma ponta de medida de impulsos de alta tensão foi feita com um resistor para alta tensão não indutivo. Os resistores para medição de alta tensão precisam exibir algumas qualidades importantes, tais como:

- a) alta capacidade de sustentar impulsos de alta tensão;
- b) vasta gama de valores de até dezenas ou centenas de M Ω ;
- c) alta precisão em seus valores nominais;
- d) baixo coeficiente térmico;
- e) alta estabilidade de valor da resistência;
- f) imunidade hidrocópica;
- g) indutância muito baixa, na casa de valores negligenciáveis a ponto de poderem ser considerados não indutivos (*non inductive resistors*).

Existem diversos fabricantes com esses atributos, que têm sua gama de resistores para alta tensão nos sites de logística e venda a varejo, como a Digikey e a Mouser, entre eles, destacam-se a Caddock e a Ohmite.

4.3.3 CADDOCK SÉRIE MG

Os filmes de resistência Micronox® da Caddock são a fonte de os resistores de alta tensão do tipo MG Precision combinação de recursos de desempenho:

Valores de resistência única tão altos quanto 10.000 Megohms.

Tensões máximas contínuas de operação tão altas quanto 48.000 volts ("-15" classificações).

Capacidades de sobretensão de 150% do trabalho padrão tensões para todos os modelos e valores (exceto "-15" classificações).

- Tolerâncias de resistência de $\pm 1,0\%$ a $\pm 0,1\%$.
- Coeficiente de temperatura, para faixa de resistência padrão, 80 ppm / ° C em combinação com tolerâncias de resistência apertado como $\pm 0,1\%$.
- Os resistores do tipo MG demonstraram estabilidade de 0,01% por 1.000 horas em testes de vida útil de carga estendida em todos os valores de faixa de resistência.

Este desempenho excepcional foi comprovado através de muitos anos de uso em equipamentos que exigem o mais alto confiabilidade e estabilidade, incluindo amplificadores TWT, sistemas raios X, instrumentos geofísicos e eletrônica médica.

Pré-condicionamento para classificações de potência e tensão

Todas as classificações de potência e classificações máximas de tensão de operação são para dever contínuo. Essas classificações são baseadas em níveis

de tensão aplicados durante a fabricação processo para fornecer desempenho de resistor estável mesmo sob condições de sobrecarga momentânea.

Tensões operacionais máximas 60% maiores que os valores listados na tabela podem ser especificados adicionando "-15" ao número do modelo (exemplo: MG750-15). Note que sobrecarga e as classificações de sobretensão não se aplicam aos resistores "-15".

As faixas de resistência para os resistores "-15" mostrados na tabela são de "-15 min." para "Standard Max".

Desempenho Não Indutivo

A maioria dos modelos é fabricada com o Caddock

Design não-indutivo que usa uma serpentina resistiva padrão que fornece linhas vizinhas para transportar corrente em direções opostas, obtendo assim o cancelamento máximo de campos de fluxo ao longo de todo o comprimento do resistor. Este eficiente construção não-indutiva é realizada sem desclassificação de quaisquer vantagens de desempenho (Caddock Electronics, Inc., 2017).

A Figura 105 exibe o *design* de resistores com serpentinas não indutivas.

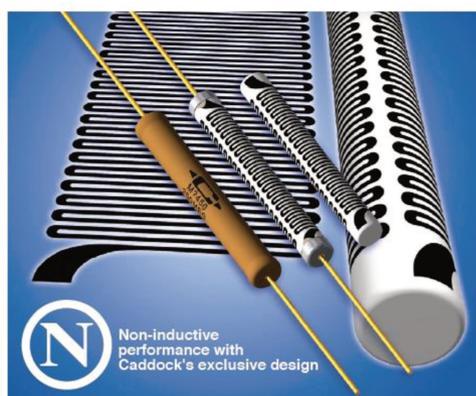


Figura 105 – Modelo de serpentinas não indutivas. Fonte: Caddock.



Figura 106 – MG780 – 7,5 Watt, 15kV. Fonte: Caddock.

Tabela 30 – Tabela de alguns resistores Caddock para alta tensão. Fonte: Caddock.

Model No.	Watt-age	Max. Continuous Oper. Volt.	Overload Rating	Dielect. Strength	Resistance			Dimensions in inches and (millimeters)			
					Min.	-15 Min.	Standard Max.	Extended Max.	A	B	C
MG745	5.0	15,000	Type 2	1,000	1 K	288 Meg	500 Meg	1,500 M	3.000 ±.100 (76.20 ±2.54)	.240 ±.030 (6.10 ±.76)	.040 ±.002 (1.02 ±.05)
MG750	5.0	10,000	Type 2	1,000	400 Ω	128 Meg	500 Meg	2,500 M	2.125 ±.060 (53.98 ±1.52)	.315 ±.030 (8.00 ±.76)	.040 ±.002 (1.02 ±.05)
MG780	7.5	15,000	Type 2	1,000	600 Ω	192 Meg	750 Meg	3,750 M	3.125 ±.060 (79.38 ±1.52)	.315 ±.030 (8.00 ±.76)	.040 ±.002 (1.02 ±.05)
MG785	8.0	20,000	Type 2	1,000	800 Ω	320 Meg	1,000 Meg	5,000 M	4.000 ±.120 (101.60 ±3.05)	.315 ±.030 (8.00 ±.76)	.040 ±.002 (1.02 ±.05)
MG810	10.0	25,000	Type 2	1,000	1 K	400 Meg	1,250 Meg	6,250 M	5.000 ±.120 (127.00 ±3.05)	.315 ±.030 (8.00 ±.76)	.040 ±.002 (1.02 ±.05)
MG815	15.0	30,000	Type 2	1,000	1 K	384 Meg	2,000 Meg	10,000 M	6.000 ±.120 (152.40 ±3.05)	.350 ±.040 (8.89 ±1.02)	.040 ±.002 (1.02 ±.05)

4.3.4 DIVISOR RESISTIVO DE 1/1000 COM RESISTOR CADDOCK

Para montar a terceira versão de ponta divisora, foram utilizados dois resistores Caddock MG780 não indutivos que, de acordo com a Tabela 30, têm uma isolamento elétrica de 15 kV, perfazendo, ao todo, um resistor de 20 M Ω /30kV em série, com um conjunto de 20 resistores SMD, soldados em uma placa de circuito impresso de fibra de vidro, que, por serem de **filme espesso de carbono**, não são indutivos também (Figura 107).



Figura 107 - Divisor resistivo de 1/1000, montado com 2 resistores Caddock MG780 de 20 M Ω e 20 resistores SMD de 1 K Ω em série. Fonte: autoria própria/ Luiz Antonio Ferreira dos Santos.

Com o divisor resistivo da Figura 107, foram coletadas 10 medidas de cada tensão ajustada e exibida no painel (*display*) do equipamento, conforme Tabela 31.

Tabela 31 – Aferição do voltímetro de MAT do painel da unidade controladora. Fonte: autoria própria/Medidas por Luiz Antonio Ferreira dos Santos

MEDIDAS EFETUADAS COM O DIVISOR RESISTIVO MONTADO COM 2 RESISTORES												
CADDOCK MG780 DE 10 M Ω EM SÉRIE COM 20 RESISTORES SMS DE 1 K Ω												
DISPLAY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MÉDIA	DESVIO
(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	%
2,7	2,71	2,72	2,74	2,74	2,72	2,74	2,74	2,72	2,72	2,72	2,73	1,0%
3,7	3,68	3,64	3,67	3,68	3,68	3,65	3,68	3,67	3,67	3,67	3,67	-0,8%
4,6	4,68	4,66	4,68	4,67	4,68	4,68	4,67	4,68	4,67	4,68	4,68	1,6%
5,5	5,52	5,51	5,52	5,53	5,53	5,51	5,53	5,53	5,53	5,53	5,52	0,4%
6,5	6,52	6,53	6,52	6,52	6,54	6,53	6,52	6,52	6,52	6,52	6,52	0,4%
7,4	7,48	7,52	7,54	7,54	7,52	7,52	7,54	7,54	7,52	7,52	7,52	1,6%
8,3	8,48	8,5	8,53	8,53	8,52	8,52	8,53	8,51	8,5	8,52	8,51	2,5%
9,3	9,16	9,17	9,16	9,16	9,18	9,16	9,16	9,16	9,16	9,16	9,16	-1,5%
10,2	10,2	10,2	10,2	10,7	10,6	10,7	10,8	10,7	10,7	10,6	10,54	3,2%
11,2	11,4	11,4	11,7	11,7	11,4	11,6	11,7	11,7	11,7	11,6	11,59	3,4%
12,1	12,7	12,68	12,9	12,8	12,7	12,7	12,9	12,8	12,8	12,7	12,77	5,2%
13,1	13,5	13,51	13,6	13,6	13,7	13,6	13,7	13,6	13,6	13,6	13,60	3,7%
											MÉDIA DO DESVIO	1,7%

Com essa conferência, encerraram-se os procedimentos de calibração do gerador de MAT, admitindo-se uma margem de erro de 2 X desvio médio = **3,4%**.

4.3.5 FOTOCONTROLADOR KIRLIANGRÁFICO

Instrumento digital destinado à contagem das kirliangrafias executadas e à medição do deslocamento do filme fotográfico. No painel da unidade controladora, o *display* da esquerda conta o número de janelas (orifício retangular nas bordas) do filme fotográfico e, com isso, mede o deslocamento do filme, necessário para se monitorar os espaçamentos entre as fotos, padronizado em oito janelas. O *display* da direita conta o número de fotos (Figura 108), um recurso que assegura melhor controle da sequência de fotos e, principalmente, evita sobreposições.



Figura 108 – Fotocontrolador Kirliangráfico. Fonte: autoria própria/L. A Rebello.

4.3.6 ESPAÇAMENTO PADRÃO

Para detectar as perfurações no filme fotográfico, foi construído um fotodetector de janela especial, utilizando um diodo de infravermelho e um fototransistor embutido em uma peça de poliacetal preto (Figura 109), com uma fenda por onde passa o filme.

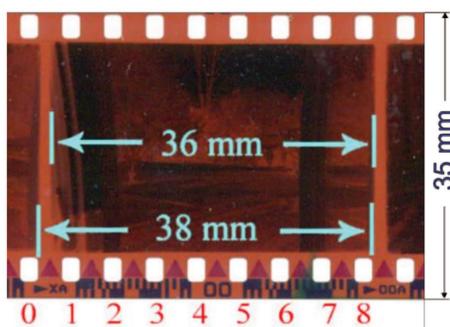


Figura 109 – Perfurações no filme fotográfico 135 (35 mm).

4.3.8 DETECTOR DE JANELA

O fotodiodo emite radiação infravermelha no comprimento de onda em torno de 940 nm (Figura 110), não afetando o filme fotográfico, pois este tem sensibilidade apenas até 700 nm (Figura 111). A Figura 112 exibe o fotodetector de janela instalado.

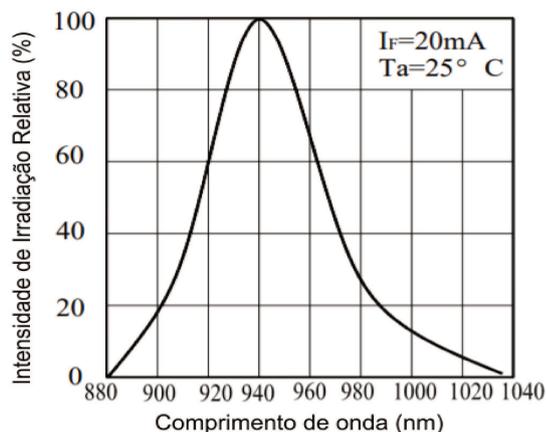


Figura 110 – Espectro do LED Infravermelho IR323. Fonte: EVERLIGHT).

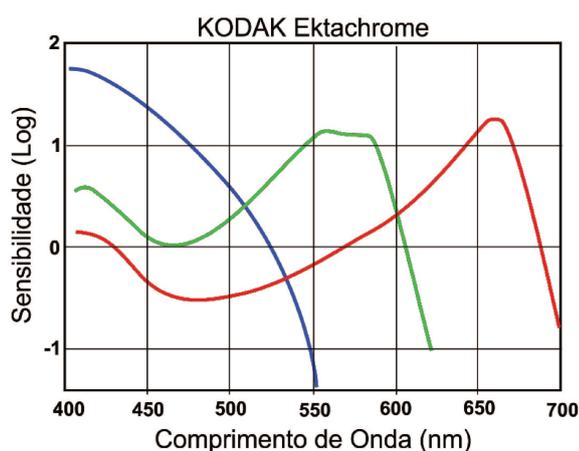


Figura 111 – Sensibilidade espectral do Filme colorido Kodak Ektachrome. Fonte: Kodak.



Figura 112 - Base do porta-filme com o detector de janela.
Fonte: autoria própria/ Luiz Antonio Ferreira dos Santos /Foto: Rodrigo leal.

4.3.9 DATILOGINAMÔMETRO

Instrumento de grande importância, destinado à medição da pressão (força) que o dedo exerce sobre o filme, que mede o valor dessa força por meio de uma célula de carga acoplada a um amplificador de instrumentação, com base no CI INA 101, blindado dentro de uma caixa de alumínio. O dactilodinamômetro tem faixa de operação de 0 a 1 kgf (1000 gf).

Dentro do porta-filmes (Figura 113) na caixa de alumínio ao topo, está instalado o amplificador diferencial para a célula de carga. A base de poliacetal branco é instalada sobre a célula de carga. No canto inferior, é possível ver parte do transformador de MAT, de onde sai um fio preto que conduz a alta tensão até a placa polarizadora.

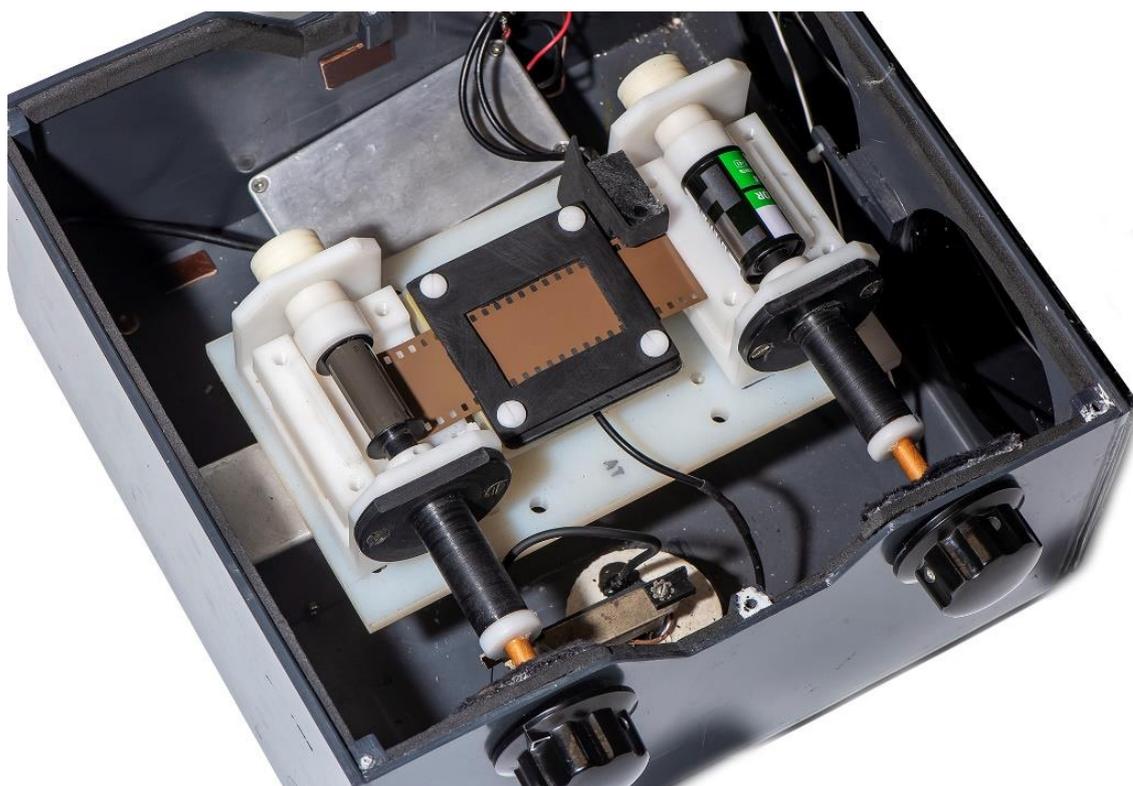


Figura 113 – Visão interna do porta-filme.
Fonte: autoria própria/L. A. Rebello/ Luiz Antonio Ferreira dos Santos
Foto: Rodrigo leal.

4.3.11 CÉLULAS DE CARGA

São denominadas células de carga os dispositivos destinados à transdução de esforço mecânico (estresse ou deformação) em sinal elétrico. De modo geral, as células de cargas utilizam uma base onde são aplicados *strain gauges* (extensômetros) em regiões mais suscetíveis à deformação quando submetidas à ação de uma força mecânica (Figura 114).

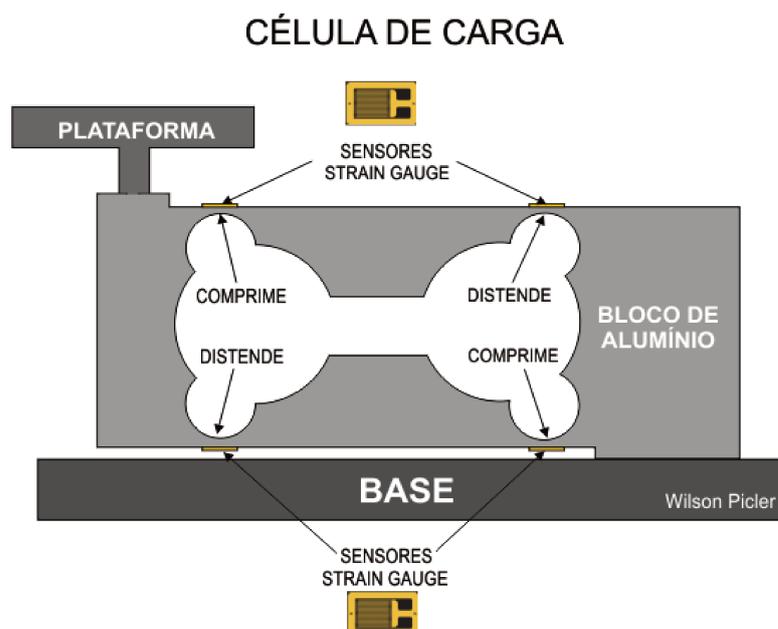


Figura 114 – Representação simplificada de uma célula de Carga com *Strain Gauges*. Fonte: autoria própria.

Strain gauges, *strain gages* ou extensômetros são sensores de esforço mecânico, ou deformação, que, basicamente, constituem-se de resistores com microfilamentos (Figura 115), que, quando submetidos à tração ou compressão, afinam-se ou engrossam sensivelmente e produzem uma microalteração no valor de sua resistência elétrica.



Figura 115 - Uniaxial Strain Gauge 350 Ohm. Fonte: Omega.com.

Em trabalhos de resistência dos materiais, é comum aplicar-se *strain gauges* em pontos específicos de uma peça sob exame, com colas especiais, mais comumente o cianocrilato (Metrologia UFPR, 2015), nome científico para as populares colas Super Bonder, Cola 3, da Loctite, entre outras marcas.

4.3.13 CÉLULAS DE CARGA COMERCIAIS

Existe uma vasta gama de células de carga fabricadas comercialmente para as mais diversas aplicações, em especial, em balanças e medidores de tração (Figura 118).

Para o dactilodinamômetro kirliangráfico em questão, optou-se por utilizar uma célula G5, empregada em balanças de até 5 kg (Figura 116) (Alfa Instrumentos, 2019).

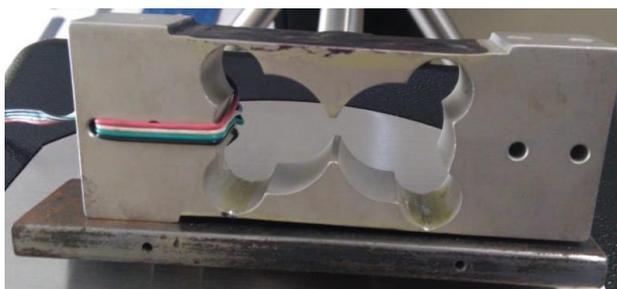


Figura 116 - Célula de Carga Comercial p/ balanças de 5 kg. Fonte: Alfa Instrumentos.



Figura 117 – Célula de Carga Comercial p/ balanças de 10 kg. Fonte: Alfa Instrumentos.



Figura 118 – Célula de Carga industrial tipo C (50 a 200 Toneladas).

UTILIZAÇÃO:

- Tirantes à Tração (Célula Vasada)
- Medição de Nível
- Poços de Petróleo

(Alfa Instrumentos, 2019)

4.3.14 PONTE DE WHEATSTONE

Para detectar as microalterações nas resistências elétricas dos *strain gauges* da ordem de 10^{-4} to $10^{-2} \Omega/\Omega$ (Hoffmann K. , 1989), a técnica mais eficaz é o emprego de uma ponte de Wheatstone (Figura 119), acoplada a um amplificador diferencial de alto ganho e alta impedância de entrada, geralmente, denominados de *amplificadores de instrumentação* (Eberlein, 2008).

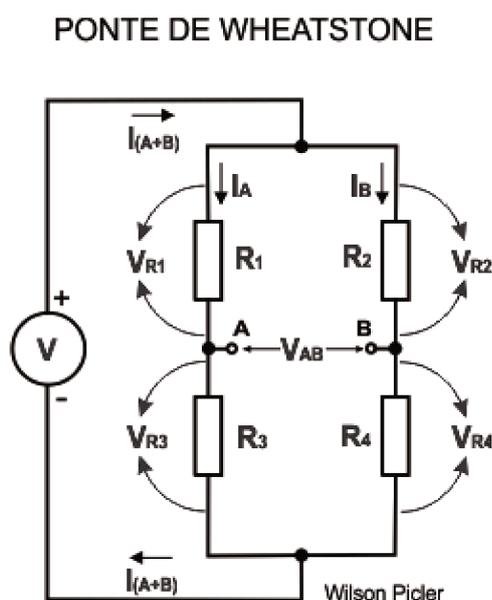


Figura 119 – Ponte de Wheatstone. Fonte: autoria própria.

$$\frac{\Delta V_{AB}}{V} \cong \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) \quad (42)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = K \cdot \varepsilon \quad (43)$$

$$K_1 = K_2 = K_3 = K_4 = K = \text{Gauge Factor}$$

$$K \approx 2 \text{ para a maioria dos strain gauges (HBM , 2019)} \quad (44)$$

$$\frac{\Delta V_{AB}}{V} \cong \frac{K}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4) \quad (45)$$

(Hoffmann K. , 2001), (Eberlein, 2008)

Microalterações em um ou mais resistores, por menores que sejam, fazem com que V_{AB} seja diferente de zero. Geralmente, em células de carga para balanças comerciais de até 10 kg, o padrão é a célula resultar em uma tensão de 4 mV para 2 Kg, sobre ela aplicados.

Na célula de carga da Figura 120, quando o *strain gauge* R_1 é comprimido, sua resistência diminui, fazendo com que V_{R1} caia e V_{R3} aumente. Já, no R_3 , ocorre o fenômeno oposto, ao *strain gauge* R_3 ser distendido, a sua resistência aumenta, contribuindo ainda mais com o aumento de V_{R3} e diminuição de V_{R1} .

Somente essa meia ponte já seria suficiente para a medida ser efetuada, mas, para ampliar ainda mais a eficiência da célula no outro ramo (R_2 e R_4), ocorre o fenômeno contrário. Quando o *strain gauge* R_2 se distende, a sua resistência aumenta, provocando um aumento em V_{R2} e, conseqüente, diminuição em V_{R4} . Porém ainda há a contribuição do *strain gauge* R_4 , que, ao ser comprimido, a resistência cai, diminuindo ainda mais a tensão sobre ele. O resultado é o surgimento de uma diferença de potencial V_{AB} de alguns milivolts, que é ampliada por um amplificador diferencial de alto ganho, alta rejeição de sinal de modo comum (*CMRR-Common Mode Rejection Ratio*) e alta impedância de entrada.

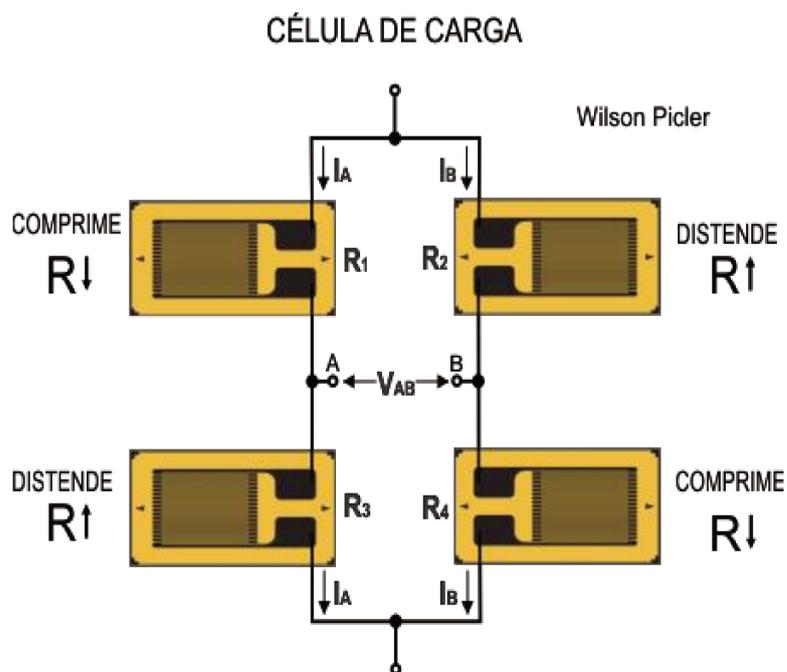


Figura 120 - Representação de uma ponte de Wheatstone com *strain gauges*. Fonte: autoria própria.

A rejeição CMRR é a capacidade do amplificador de não aumentar o sinal comum em relação à massa aplicada a sua entrada, e sim, apenas amplificar a diferença entre o nível de sinal aplicado à entrada A em relação ao nível de sinal aplicado à entrada B, ou seja, a diferença de tensão entre o ponto A e o B da célula de carga.

Para um aprofundamento do entendimento sobre células de carga, recomenda-se a apostila do Prof. Valner Brusamarello, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Brusamarello, 2019), e as obras editadas pela empresa fabricante de *strain gauges* Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH (HBM), da Alemanha. A Figura 121 apresenta as características do *strain gauge* tipo Y da HBM, com destaque para o fator gauge de, aproximadamente, 2.

Nominal resistance	Ω	120, 350, 700 or 1,000, depending on SG type
Resistance tolerance ⁽²⁾	%	± 0.3 without ± 0.35 with leads
Gauge factor		approx. 2
Nominal (rated) value of the gauge factor		Specified on each package
Gauge factor tolerance for % measuring grid length of 1.5 mm with measuring grid length of ≥ 3 mm	%	± 1.5
Temperature coefficient of the gauge factor	%	± 1
Nominal (rated) value of the temperature coefficient of the gauge factor	1/K	approx. $(115 \pm 10) \cdot 10^{-6}$ Specified on each package

Figura 121 - Algumas especificações do *strain gauge* do tipo Y. Fonte: HBM.

4.3.15 AMPLIFICADOR DIFERENCIAL DE INSTRUMENTAÇÃO

Para amplificar a tensão V_{AB} da célula de carga, empregam-se amplificadores diferenciais de instrumentação, com configuração conforme a Figura 122. A seção de entrada são *amplificadores não inversores* que podem ter ganho variável. O circuito de saída é um subtrator que faz a diferença das tensões de entrada e, também, pode apresentar ganho.

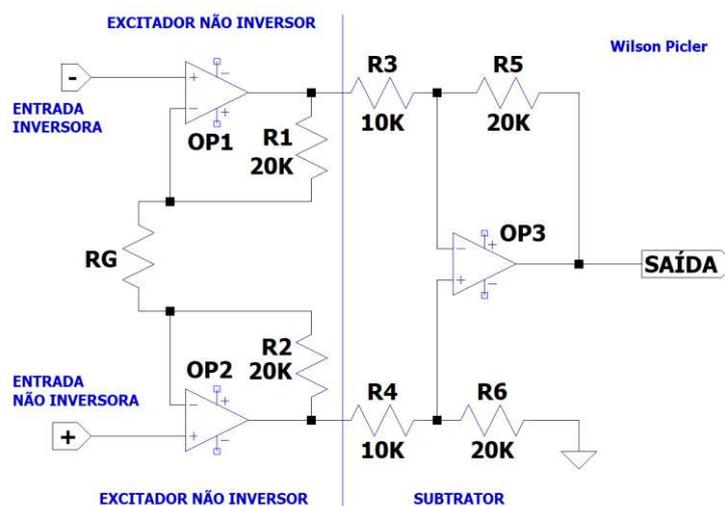


Figura 122 – Amplificador de Instrumentação Clássico. Fonte: autoria própria.

4.3.16 CÁLCULOS DE GANHOS DO AMPLIFICADOR

$$\text{Para } R_1 = R_2, R_3 = R_4, R_5 = R_6 \quad (46)$$

Ganho (G1) do circuito de entrada:

$$G_1 = \left[1 + \frac{(R_1 + R_2)}{R_G} \right] = 1 + \frac{2R_1}{R_G} \quad (47)$$

Ganho (G2) do circuito subtrator de saída (*subtractor*):

$$G_2 = \frac{R_5}{R_3} \rightarrow R_3 = R_4 \text{ e } R_5 = R_6 \quad (48)$$

Ganho Total:

$$G_{TOT} = G_1 \cdot G_2 \quad (49)$$

Esse circuito requer uma correspondência de relação muito precisa entre os pares de resistores R1/R2, R3/R4 e R5/R6; caso contrário, o ganho de cada entrada do circuito de saída seria diferente, afetando, diretamente, a rejeição de modo comum (CMRR).

Por exemplo, com um ganho de 1, com todos os resistores de igual valor, um descompasso de 0,1%, em apenas um dos resistores, irá degradar o CMR para um nível de 66 dB (1 parte em 2000). Similarmente, uma resistência de fonte desbalanceada em 100 Ω irá degradar CMR em 6dB. (Counts, 2006)

Existem, para esse fim, uma vasta gama de amplificadores de instrumentação monolíticos, ou seja, cuja estrutura de microeletrônica corresponde aos requisitos mais elevados para esse tipo de amplificador.

A Texas Instruments, proprietária da empresa Burr-Brown, comercializa as séries INA, INA101, INA114, INA118, INA 125 etc. A empresa Analog Devices comercializa as séries AD e LT (AD620, AD623, AD627, LT1167, LT1168 ...).

Em 1993/1994, no laboratório do CEB/DEB/Unicamp, foi montada uma primeira versão exitosa do dactilodinamômetro, utilizando o CI INA101 e uma célula de carga modelo G5, da Alfa Instrumentos, um CI com encapsulamento DIP14 (Figura 123), cujo diagrama simplificado é apresentado na Figura 124.



Figura 123 – Encapsulamento DIP14. Fonte: Burr Brown.

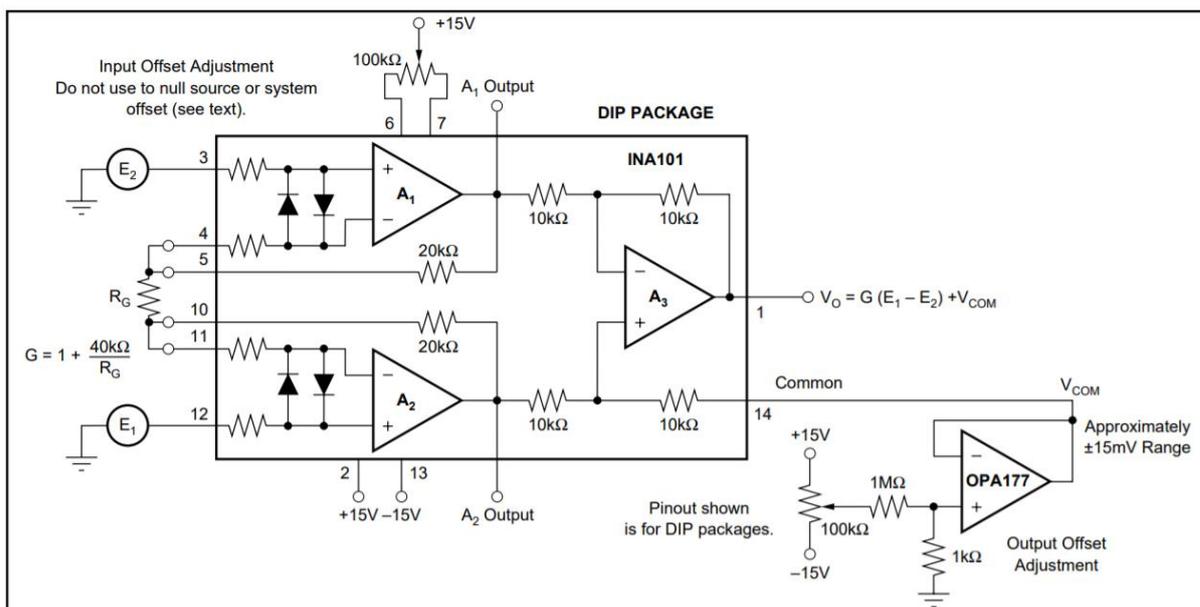


Figura 124 – Circuito Amplificador com INA101. Fonte: Burr-Brown.

4.3.17 FONTE DE REFERÊNCIA PARA A CÉLULA DE CARGA

Nas células de carga para balanças comerciais que têm, em geral, resistência equivalente de 350 a 450 Ω, para assegurar uma tensão de referência de alta estabilidade, implementou-se um regulador com LH0070 (AD581), com *boost* de corrente por meio de um transistor BC327, com capacidade de corrente de até 600 mA (

Figura 125).

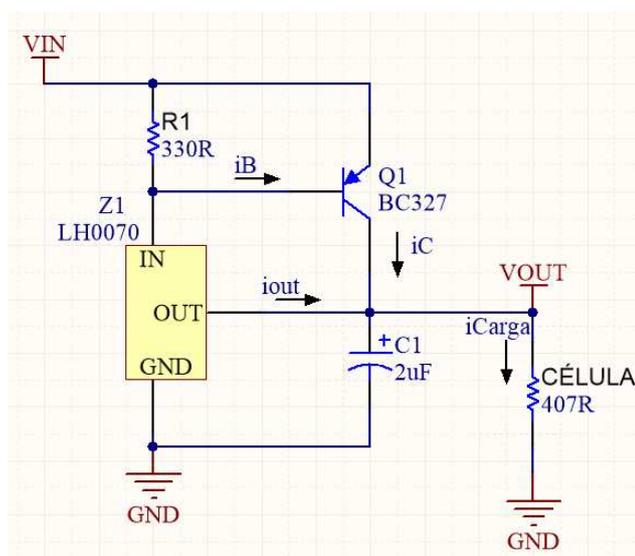


Figura 125 - Regulador com LH007 (AD581) e BC327 (J. Mello e E. Custódio).

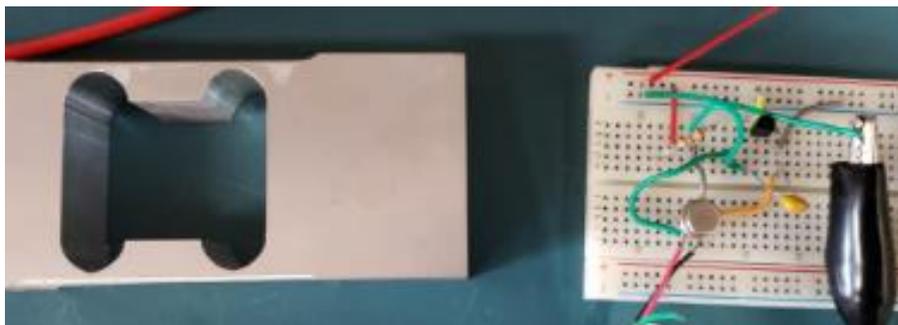


Figura 126 - Ensaio c/ o circuito LH007 e BC327 com a Célula de Carga.
Fonte: J. Mello e E. Custódio.

O ensaio com o circuito da Figura 125 montado no *protoboard* (Figura 126) revelou alta eficiência de regulação de tensão (Tabela 32).

Tabela 32 - Medição de Correntes no LH007 c/ BC327 conectado à Célula de Carga.
Fonte: Juliano Mello e Eliane Custódio.

LH007 com BC327			
Célula de Carga	13V	15V	18V
iB (A)	92,7u	86,8u	78u
iC (A)	23m	23m	23m
icarga (A)	24m	24m	24m
iout (A)	1m	1m	1m
VIN OUT (V)	12,4	14,35	17,53
VCE (V)	3	5	8
VR1 (V)	0,61	0,62	0,62
Vout	10,1	10,1	10,1

Observa-se, neste ensaio, que o regulador precisa de, pelo menos, 13 V de tensão de entrada para poder regular, com eficiência, a tensão de 10.0 V sobre a célula de carga a ser utilizada (Figura 127).

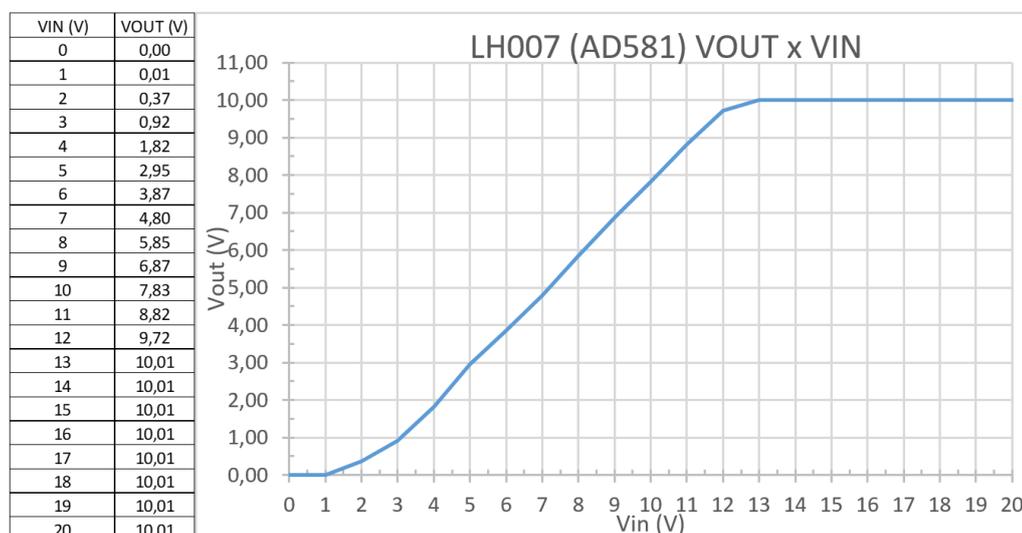


Figura 127 – Ensaio de regulação do LH007 (AD581) Fonte: Juliano Mello/Eliane Custódio.

4.3.18 AMPLIFICADOR P/ A CÉLULA DE CARGA

O autor ensaiou, na presente data, com base nas experiências realizadas com as placas comerciais e com o amplificador montado no CEB (1993/1994), uma nova versão de amplificador utilizando o CI de instrumentação AD8422, da Analog Devices e o INA101, da Texas/Burr-Brown (Figura 128).

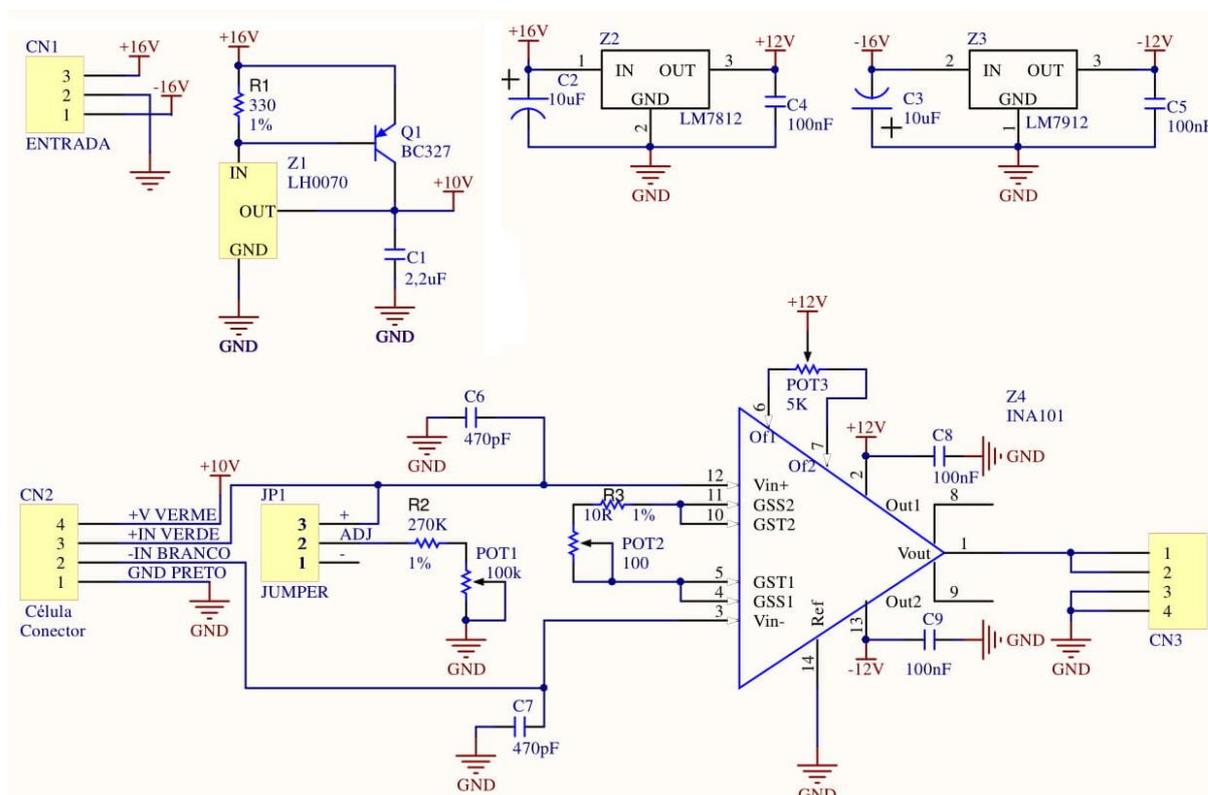


Figura 128 - Amplificador p/ Célula de Carga do Dactilodinamômetro.
Fonte: autoria própria/Eliane Custódio.

No amplificador de instrumentação da Figura 128, o ganho pode ser ajustado pelo POT, cujo valor depende do tipo de circuito integrado (CI) utilizado. Para o INA101, o ganho é calculado pela Equação 50.

$$G = 1 + \frac{40k\Omega}{R_G}$$

Equação 50 – Ganho do CI INA101.

Para a célula de carga em uso, o ganho gira em torno de 400 a 500, portanto o POT1 deve ser de 100 Ω para permitir o ajuste do ganho nessa faixa.

As Figuras 129, 130, 131 e 132 exibem as tensões nos braços A e B da célula de carga do dactilodinamômetro sob efeito do peso da plataforma. As Figuras 133 e 134 exibem a aferição do dactilodinamômetro com pesos de 1,0 kg e 2,0 kg.

4.3.19 AFERIÇÃO DO DACTILODINAMÔMETRO



Figura 129 - Tensão de alimentação da célula de carga (V_{cel})= 9,993 V).
 (A precisão do Multímetro BK Precision 5491B é de 0,02%-vide manual).
 Fonte: autoria própria/Luiz Antonio Ferreira dos Santos.

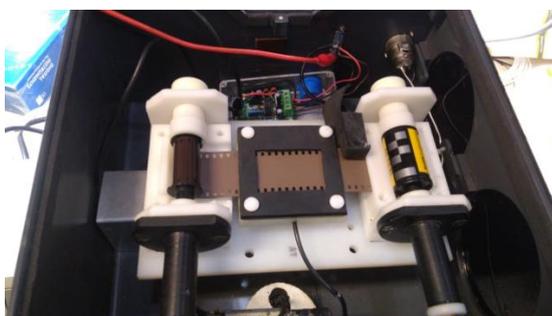


Figura 130 – Porta-Filme com base e filme instalado (~830 g).
 Fonte: autoria própria/Luiz Antonio Ferreira dos Santos.



Figura 131 - Tensão no Braço A da célula em relação a massa (V_{cel} =10V).
 Fonte: autoria própria/Luiz Antonio Ferreira dos Santos.



Figura 132 - Tensão no Braço B da célula em relação à massa.
 Fonte: autoria própria/Luiz Antonio Ferreira dos Santos.

A sensibilidade da célula de carga empregada é de 2,00 mV/Kg, portanto $V_a - V_b = 5,0295 - 5,0274 = 0,0021 = 2,1$ mV está em conformidade com o esperado para o modelo de célula sobre a ação do peso da plataforma, que é de 0,83 kg.

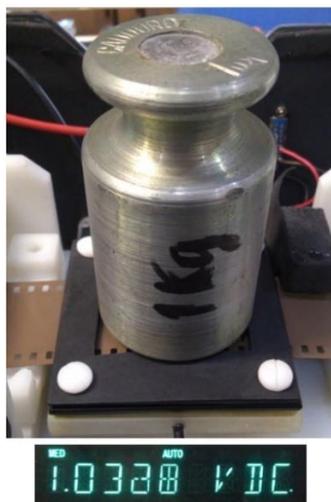


Figura 133 – Aferição do Dactilodinamômetro (1,0328 V para 1,0 kg).
Fonte: autoria própria/ Luiz Antonio Ferreira dos Santos

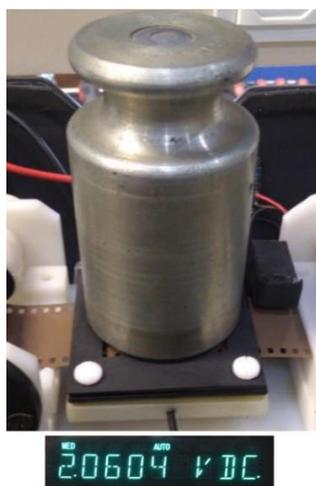


Figura 134 - Aferição do Dactilodinamômetro (2,0604 V para 2,0 kg).
Fonte: autoria própria/ Luiz Antonio Ferreira dos Santos

Para a monitoração da força que o dedo exerce sobre o filme fotográfico, a precisão obtida está mais do que satisfatória, até mesmo porque é humanamente impossível segurar o dedo fixo em uma mesma medida. Na prática, essa medida flutua entre ± 50 gramas. Os resultados mostraram que é importantíssimo monitorar essa variável, no entanto não é crítica quanto à precisão. Basta manter a força entre 300 gf e 400 gf. Dessa forma, a precisão obtida com os diferentes tipos **dactilodinamômetros** desenvolvidos (capacitivo/indutivo ou com célula de carga) são, plenamente, aceitáveis para este propósito.

4.3.20 TEMPORIZADOR

Existe uma infinidade de formas de se construir um temporizador. Pode-se utilizar comparadores de tensão, portas lógicas, sejam TTL ou CMOS, CIs dedicados, módulos Arduino, Raspberry etc. O circuito mais comumente utilizado como temporizador – e amplamente utilizado em máquinas Kirlian antigas – é o CI NE555, constituído de dois comparadores, operando em conjunto com um *flip-flop* do tipo RS, porém há a necessidade de cuidados especiais para se utilizar circuitos com comparadores de tensão em conjunto com dispositivos de impulsos de alta tensão. Em qualquer tipo de circuito que opera comparando níveis de tensão, inclusive portas lógicas, os transientes de alta tensão podem induzir altos níveis de tensão na fiação do aparelho, tornando-os instáveis. Cuidados especiais devem ser tomados tais como:

- afastar o transformador MAT dos circuitos lógicos;
- blindar os cabos, em especial dos potenciômetros;
- blindar todo o circuito de lógica em uma caixa metálica aterrada;
- utilizar capacitores de filtro cerâmicos em pontos do circuito vulneráveis;
- evitar caixas de Plástico para os circuitos lógicos.

Sem esses cuidados, o temporizador pode desarmar aleatoriamente, comprometendo todo o trabalho e levando os pesquisadores menos cuidadosos a fazer elucubrações enganosas.

4.3.21 TEMPORIZADOR COM MULTIVIBRADOR MONOESTÁVEL

A forma mais comum de temporizador é utilizar o CI NE 555, na configuração *oscilador monoestável* – circuito que realiza um ciclo de tempo, pré-programado por meio de um resistor e um capacitor, a cada pulso de disparo. Uma busca na internet revelou uma quantidade quase que totalitária de circuitos temporizadores com NE 555, na configuração monoestável, em que o disparo é feito por meio de uma chave de contato momentâneo, levando o terminal de disparo (*trigger* – terminal 2) diretamente à massa (Figura 135). Ensaios revelaram o óbvio: nesse tipo de configuração de disparo, o tempo de pressionamento do botão soma-se com o tempo do circuito monoestável.

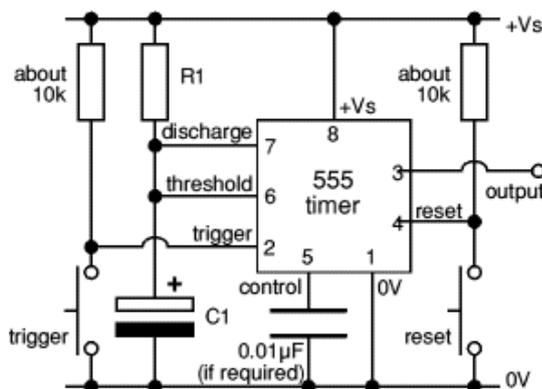


Figura 135 Temporizador CI 555 Monoestável. Fonte:(<https://electronicsclub.info/555monostable.htm>).

A solução para esse problema é utilizar um disparo por meio da descarga do capacitor (C2) do circuito da Figura 136. Nesse circuito, mesmo mantendo o botão S1 pressionado, o circuito monoestável realiza seu ciclo e para.

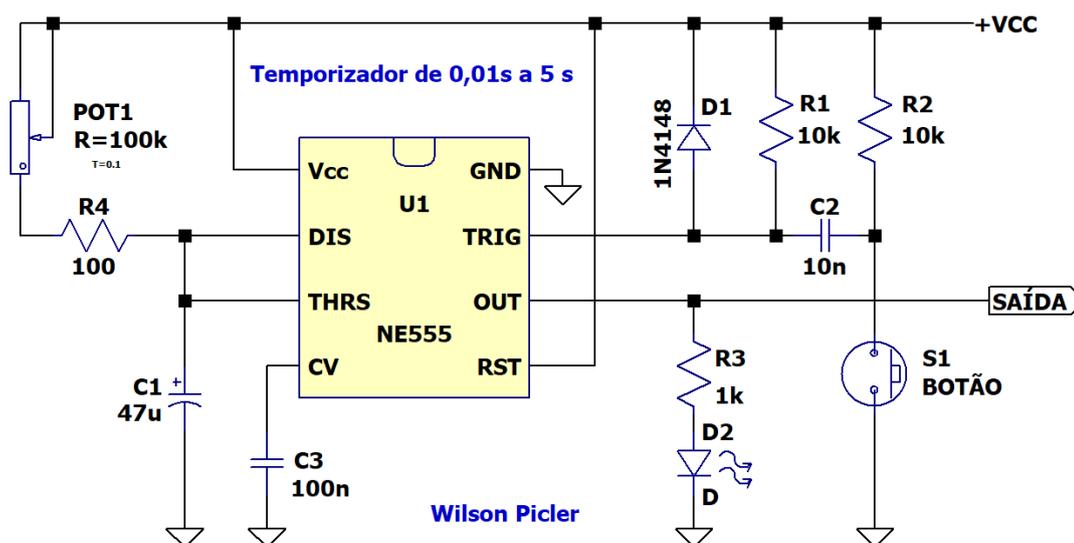


Figura 136 – Temporizador 555 com disparo capacitivo. (Fonte: Autoria própria).

Esse circuito da Figura 136 está dimensionado para operar em tempos ajustáveis, por meio do POT1, de aproximadamente 0,01 s a 5 s. +VCC pode variar de 5 a 15 volts. Recomenda-se utilizar, no lugar do POT1, resistores fixos com uma chave multiposições, que facilita reproduzir os padrões preestabelecidos. O tempo pode ser calculado por:

$$T=1,1R.C \quad (51)$$

4.3.22 TEMPORIZADOR PROGRAMÁVEL

Para mais precisão no circuito temporizador da máquina Kirlian desenvolvida para esta pesquisa, optou-se por circuito com os tempos programáveis por meio de duas teclas no painel (Figura 137).



Figura 137 - Display do temporizador com botões de programação do tempo (Painel da Unidade Controladora). Fonte: Luiz A. Rebello.

Esse temporizador utiliza um CI microcontrolador CMOS, COP8SA, com memórias ROM de 1 k (Figura 138). O circuito tem um gerador de *clock* estabilizado com cristal de 10 MHz, com ciclo de instrução de 1 μ s e um temporizador/contador multifuncional de 16 bits, com saída PWM (*Pulse Width Modulation*). As instruções foram programadas em computador em C++ e, depois, compiladas para Assembler e gravadas nas memórias do CI.

O COP8SA pertence a uma família de OTPs (*One time Programmable*) que significa que pode ser programado apenas uma vez, diferentemente das memórias UVROM (*Ultra Violet Programmable Read Only Memory*), que podem ser apagadas com luz ultravioleta. Para evitar interferências, a conexão do temporizador com a unidade geradora de pulsos de MAT é feita por meio de acoplador óptico (fotoacoplador).

Para definir os tempos via teclas no painel, apertam-se as duas teclas ao mesmo tempo, até o dígito ficar piscando. Aperta-se, então, a tecla de cima para aumentar o número e a de baixo para diminuir. Quando se atinge o número desejado, apertam-se novamente as duas teclas e confirma-se. Repete-se, então, o procedimento para os demais dígitos. Após programado o tempo, ao apertar o botão de disparo, o temporizador eleva o potencial da saída L3 para nível lógico alto e cai a zero ao realizar o ciclo. Essa saída L3 é conectada a um fotoacoplador, que vai comandar o CI SG3525 do gerador de MAT.

As Figuras 138, 139 e 140 exibem os circuitos do temporizador com o microcontrolador COP8S.

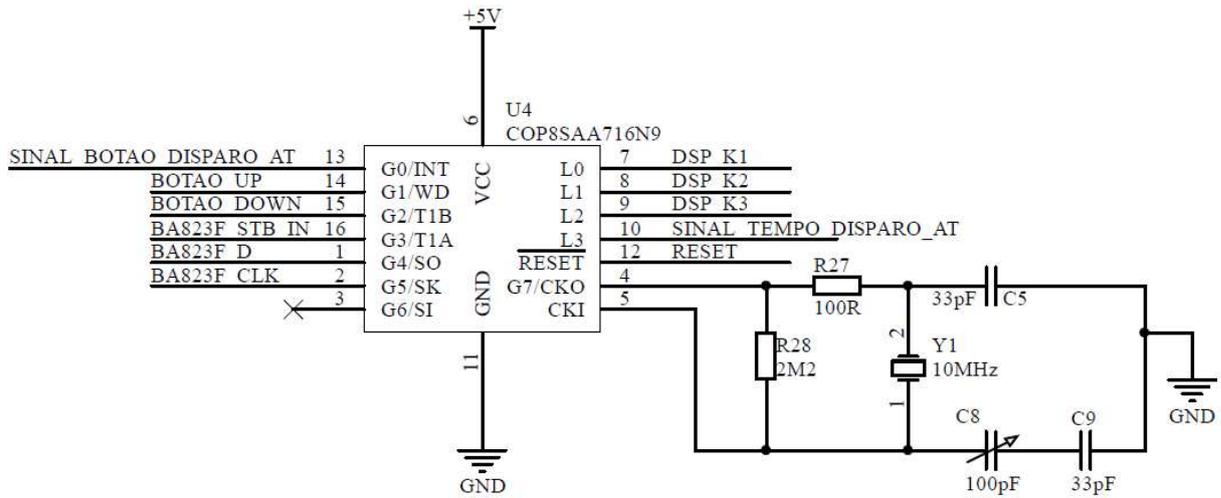


Figura 138 – Microcontrolador COP8S com gerador de clock estabilizado com cristal .
 Fonte: Luiz A. Rebello.

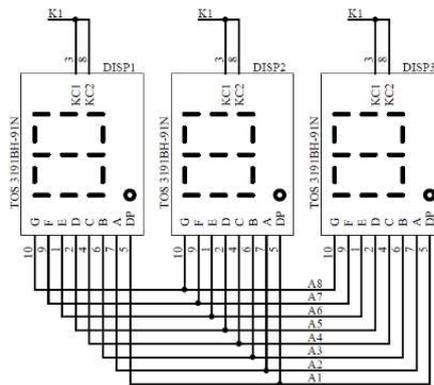


Figura 139 – Circuito Display do Temporizador. Fonte: Luiz A. Rebello.

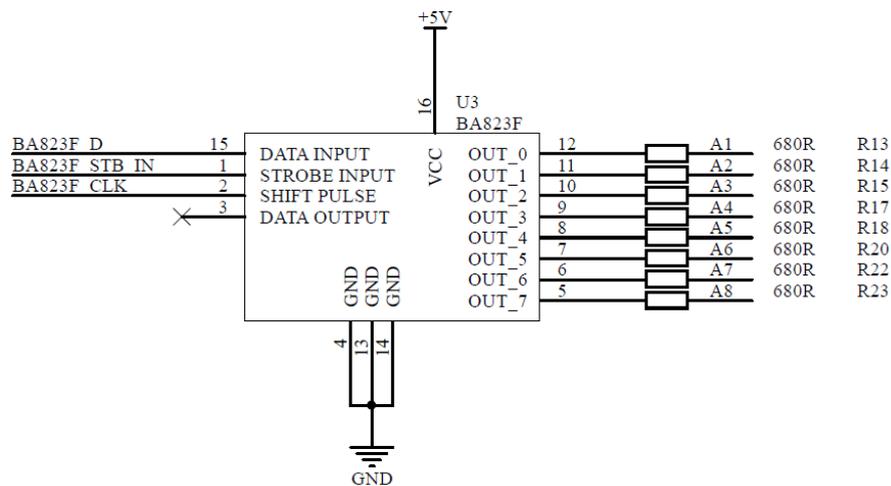


Figura 140 – Conversor saída serial p/ paralela. Fonte: Luiz A. Rebello.

4.3.23 AFERIÇÃO DO TEMPORIZADOR

Para aferir a precisão do temporizador sob ação do gerador de MAT ajustado para 12 kV, foram tomadas cinco medidas de cada tempo, utilizando-se as entradas do analisador lógico do osciloscópio USB Hantek. A Figura 141 e a Figura 142 exibem recortes da tela do osciloscópio em que é possível observar o tempo *on* da saída do temporizador programado para 2,00 s.

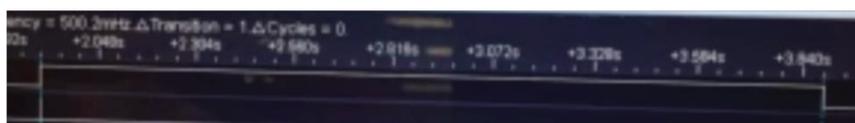


Figura 141 – Tela do Osciloscópio Hantek/Analisador Lógico. (Fonte: Autoria própria).

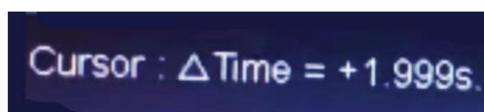


Figura 142 – Recorte de tela exibindo o tempo entre o intervalo marcado pelos cursores (Fonte: Autoria própria).

O desvio aferido ficou abaixo de 0,5% (Tabela 33), mesmo com o gerador de MAT acionado e ajustado para 12 kV, o que é uma precisão bastante aceitável. Em nenhuma tentativa, o temporizador apresentou instabilidade ou desarmou irregularmente. Essa imprecisão, embora relativamente baixa, pode, inclusive, ser do método de medida.

Tabela 33 – Aferição do temporizador da Máquina Kirlian. Fonte: Autoria própria.

TIMER	MEDIÇÕES COM ANALIZADOR LÓGICO OSCILOSCÓPIO HANTEK							
	1	2	3	4	5	MÉDIA	DESVIO (δ)	DESVIO %
(s)								
0,01	0,00998	0,01018	0,009952	0,00986	0,00998	0,009992	-0,000008	-0,080%
0,05	0,04966	0,04979	0,04966	0,04979	0,04979	0,049782	-0,000218	-0,437%
0,10	0,09984	0,09958	0,09938	0,09907	0,09933	0,099533	-0,000467	-0,467%
0,50	0,49920	0,49984	0,49920	0,49920	0,49856	0,499333	-0,000667	-0,133%
1,00	0,99968	0,99840	0,99840	0,99840	0,99840	0,998880	-0,001120	-0,112%
2,00	1,997	1,997	1,997	1,999	1,999	1,998167	-0,001833	-0,092%

4.3.24 FILMES NEGATIVOS COLORIDOS A SEREM UTILIZADOS

Em uma pesquisa na internet para adquirir filmes para esta pesquisa e também visitando lojas de materiais fotográficos, foram encontrados e adquiridos os seguintes filmes pancromáticos (Tabela 34).

Tabela 34 – Filmes pancromáticos atuais (2019). Fonte: autoria própria.



O filme mais desejado para este experimento seria o Fuji ASA 100, no entanto é muito difícil encontrá-lo com o prazo dentro da validade.

4.3.25 FILM SCANNER

A Figura 143 exibe um digitalizador (*scanner*) que converte as imagens dos filmes negativos para imagens coloridas positivas e grava em memória micro SD. No âmbito da pesquisa, o aparelho permite analisar a sequência correta das imagens e seu resultado sem o processamento das máquinas impressoras de fotos, que alteram, muitas vezes, o ajuste do equipamento ou pulam imagens, por ser automático, dificultando e comprometendo a análise das sequências dos experimentos.



Figura 143 – Film Scanner EC717. Fonte: Luiz A. F. dos Santos.

Este scanner para filmes, de alta resolução foi projetado para trabalhar com negativos de 35mm, slides e filmes de rolo. Ele permite que você transforme o seu velho 35mm em modernas fotos digitais e pode ser utilizado independentemente de um computador pois possui entrada para cartões SD. Uma vez que você digitalizar-las em arquivos JPG elas podem ser copiadas, movidas, repetidas livremente com um simples clique de um mouse. Este é realmente um pequeno investimento em conforto e segurança para todas aquelas fotos insubstituíveis.

- Transfere imagens diretamente para o cartão SD
- Use em qualquer lugar sem precisar de computador
- Pré-visualize a foto diretamente no display colorido em LCD
- Opção de transferência via USB para PC ou Mac
- Alta resolução de imagem: 5 Megapixels
- Digitalização ultra rápida: transfere a imagem em apenas 5 segundos
- Portátil, leve e com design arrojado
- Auto exposição e balanço de cores
- Controles de rotação da imagem, espelho, girar no eixo e de cabeça para baixo
- Digitaliza tanto slides P&B e colorido e negativos de filmes
- Opera com todos cartões SD, micro SD, SDHC
- * Excelente qualidade de imagem com sensor de 5 megapixel
- * Scanner para filme 35mm, slides, negativos
- * Salva arquivos em JPEG para o cartão SD
- LCD screen: 2.4 Inch TFT
- Image Size: 2592x1944
- Scan Quality: 1800dpi
- Power Supply: 5V via USB or Power Adapter (100-240V)
- Tamanho: 88mm (L) x 86mm (W) x 111mm (H)

(LUMIINNOVATIONS, 2019)

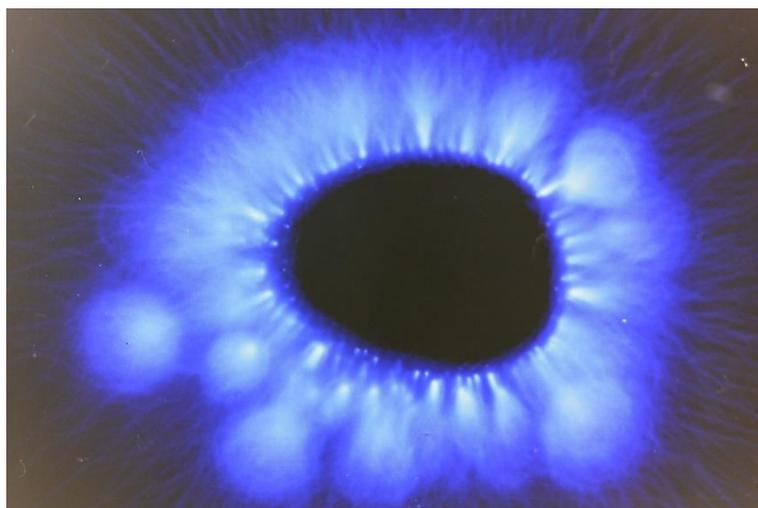


Figura 144 - Kirliangrafia digitalizada com o FilmScanner a partir do negativo revelado.
Fonte: autoria própria.

4.3.26 DEDOS PHANTOM

Para a realização das Kirliangrafias, no âmbito desta pesquisa de Mestrado do DEB/FEEC/Unicamp (2017-2019), foram confeccionados diversos Dedos *Phantom* de Borracha de Silicone e de Gelatina (Figura 145), por meio de um molde tirado de um dedo real.



Figura 145 – Dedos Phantom confeccionados para esta pesquisa. Fonte: Luiz A. F. dos Santos.

Para tornar o Dedo *Phantom* de silicone condutor de eletricidade foi adicionado Grafite em pó ao Silicone e posteriormente adicionado à superfície uma fina camada extra de grafite. O Dedo *Phantom* de gelatina Ágar-ágar (do meio na figura 145) é condutor naturalmente e revelou uma resistência de ponta a ponta de 1,5 k Ω . Para o aterramento do Dedo *Phantom* foi soldada uma cinta de cobre na qual foi conectado um cabo com garra jacaré que é presa na carcaça metálica da Unidade Controladora.



Figura 146 – Dedo *Phantom* de Silicone. Fonte: autoria própria/ Luiz A. F. dos Santos.

Para segurar o dedo no momento de fazer a Kirliangrafia é necessário o uso de uma luva isolante de Borracha. O Dedo *Phantom* é aterrado por meio de um fio elétrico diretamente ao chassi do aparelho que por sua vez está aterrado no terceiro pino da tomada. A luva de Látex possui uma isolação em torno de 20 kV/mm. Parece baixa mas há de se considerar que o dedo *Phantom* está aterrado diretamente ao chassi do equipamento com fios elétricos, portanto o corpo estará no mesmo potencial do *Phantom* caso não estivesse isolado. A luva oferece uma proteção extra mais que necessária para poder segurar o *Phantom* durante os experimentos.

A resistência elétrica do Dedo *Phantom* de silicone com grafite revelou-se na ordem de 20 k Ω , conforme procedimento de medida da Figura 147 abaixo.



Figura 147 – Medição da resistência elétrica do Dedo *Phantom*.
Fonte: autoria própria/Luiz A. F. dos Santos.

5 EXPERIMENTOS

Com o equipamento montado, testado e calibrado, iniciou-se uma série de experimentos delineados para se conhecer a característica espectral do Corona e, fundamentalmente, testar as hipóteses formuladas para explicar as aberrações cromáticas levantadas ao longo desta pesquisa.

Na fotografia da Figura 148, é possível ver, da esquerda para a direita, os seguintes elementos:

- a) O autor, Prof. Wilson Picler
- b) Espinterômetro em conformidade com a IEC60052
- c) Unidade Controladora Kirliangráfica
- d) Ponta divisora para medição de alta tensão
- e) Na prateleira: fonte de alimentação; gerador de sinais; osciloscópio e frequencímetro.



Figura 148 – Wilson Picler (autor) ao lado dos equipamentos desenvolvidos e Instrumentos de bancada, no laboratório de ensino de eletrônica do Centro Universitário internacional Uninter, em Curitiba – PR. Foto: Rodrigo Leal em 17/01/2019.

5.1 ESPECTROSCOPIA DE EMISSÃO DO CORONA KIRLIÔNICO

Para se saber, exatamente, qual é o espectro do Corona nas condições reais da técnica kirliangráfica e, com isso, poder entender os processos envolvidos no registro fotográfico desse fenômeno, optou-se por realizar uma espectrofotometria com o dedo como objeto a ser energizado com a alta tensão, tal como é na prática de kirliangrafia.

Para construir um Espectrofotômetro Kirliônico utilizou-se um Monocromador Oriel acoplado a uma válvula Fotomultiplicadora (Figura 149).



Figura 149 - Monocromador ORIEL 77250 com Válvula Fotomultiplicadora acoplada. Fonte: Newport.

As fotomultiplicadoras, ou células foto-elétricas, são tubos de vidro sob vácuo, contendo um foto-cátodo (negativo), recoberto por material que absorve a luz e emite elétrons, que são acelerados em direção a um ânodo (positivo). No caminho, estes elétrons se chocam com dinodos que estão progressivamente a potenciais mais altos, e em cada um destes um elétron desloca 3 a 4 novos elétrons, que são acelerados até o próximo dinodo. Desta maneira, após 10 estágios, os elétrons foram multiplicados por um fator de $4^{10}=10^6$. Desta maneira, a luz incidente produz uma corrente (voltagem) que pode ser medida eletronicamente. O fator de amplificação é extremamente sensível á mudanças na voltagem (cerca de 1kV), que precisa ser altamente estabilizada (IF-UFRGS/Filho, 1998)

Monocromadores são instrumentos ópticos de construção muito robusta, destinado a selecionar faixas do espectro de emissão de luz, ou seja, seleciona apenas "uma côr". O monocromador será tanto melhor quanto menor for a banda de passagem (A largura de banda típica para uma abertura de fenda de 1mm na região de 500nm é de 12nm). O comprimento de onda da luz transmitida através do monocromador pode ser continuamente variado e o espectro resultante analisado (Costa/IFI/Unicamp)

5.1.1 ESPECTROFOTÔMETRO KIRLIÔNICO

Para se obter o espectro do Corona nas mesmas condições da técnica de fotografia Kirlian, adaptou-se um tubo plástico de, aproximadamente, 80 mm de diâmetro a um conjunto composto de placa polarizadora e dielétrico de vidro, com a geometria análoga à das condições reais da fotografia Kirlian, conforme Figura 150.

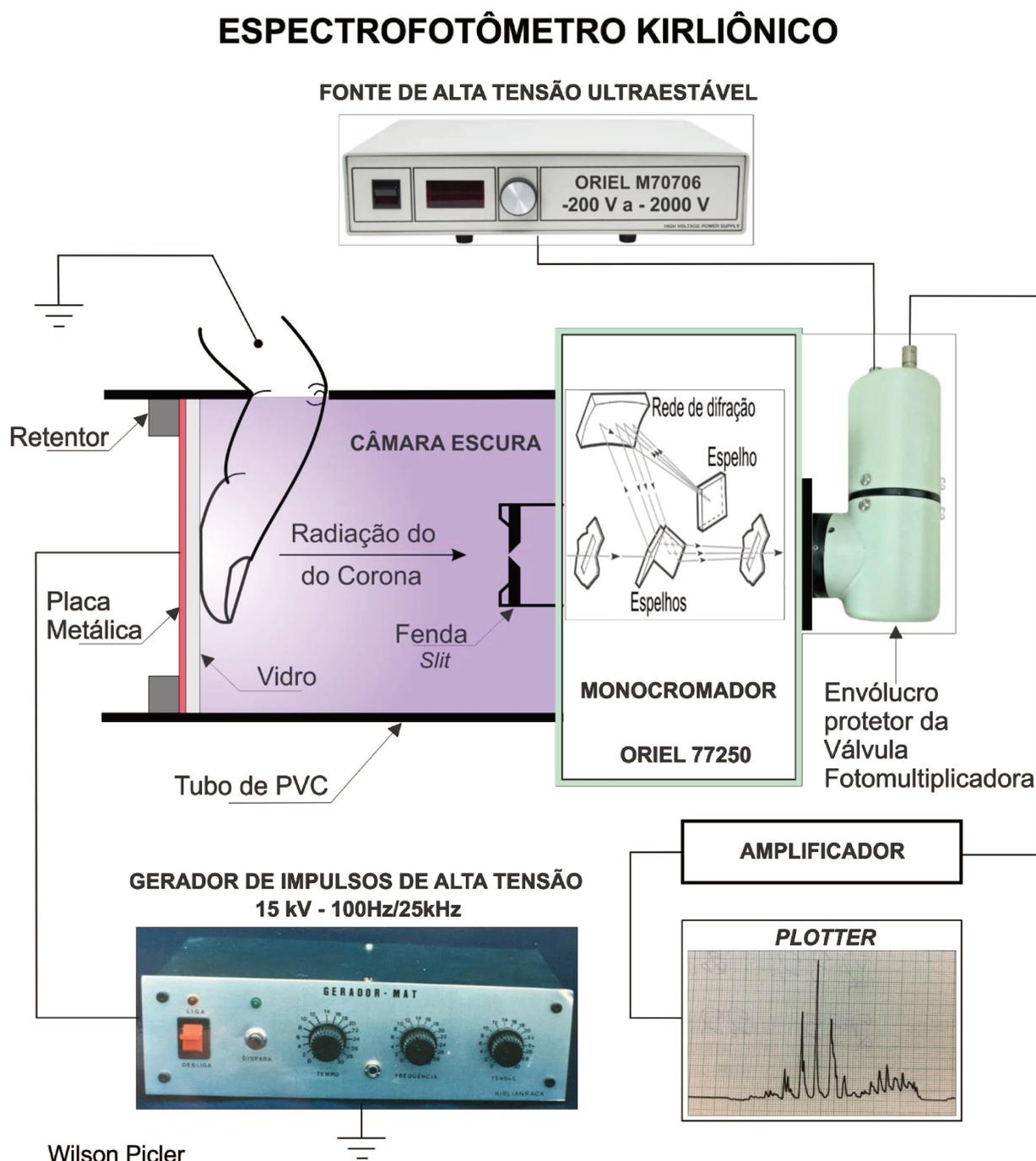


Figura 150 – Espectrômetro kirliangráfico fotomultiplicador. Fonte: (Picler, Science, Information and Spirit, 1999).

É importante notar que, neste experimento, a luz não passou por nenhum filtro, tipo vidro, acrílico ou qualquer outro material transparente. A radiação gerada pelo Corona foi captada do lado do dedo em que não havia nenhum obstáculo e entrou, diretamente, no espectrofotômetro.

5.1.2 CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA FOTOMULTIPLICADORA

Os PMTs (Photomultiplier Tubes/Válvulas Fotomultiplicadoras) são os detectores de canal único ultrasensíveis, tornando-as uma excelente opção para medições de pouca intensidade de luz (Newport/Oriel, 2019).



Figura 151 - Válvula fotomultiplicadora 77360. Fonte: Newport.

A válvula fotomultiplicadora 77360 (Figura 151) cobre a faixa de 185 a 850 nm com um comprimento de onda de pico de 420 nm (Figura 152).

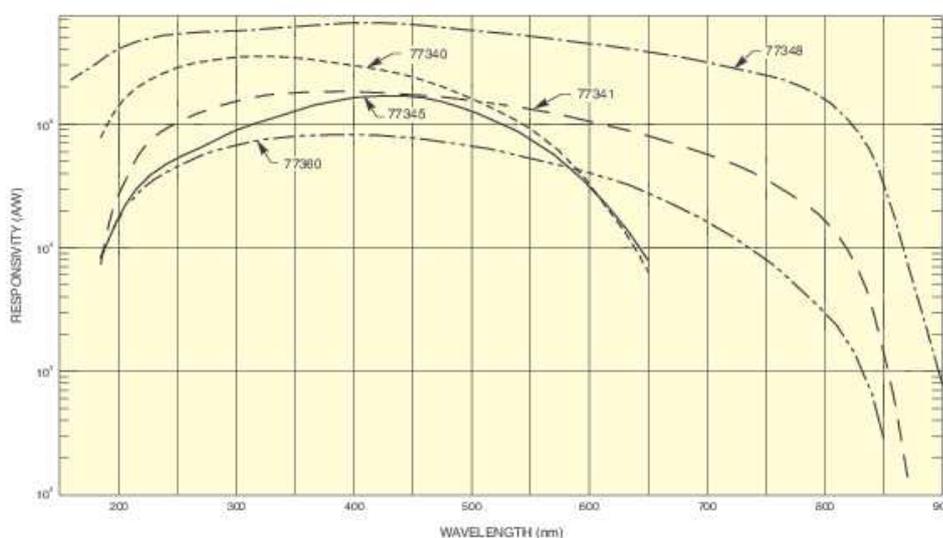


Figura 152 – Curvas Espectrais das válvulas Fotomultiplicadoras Oriel. Fonte: Newport.

Área ativa: 8 x 16 mm
Faixa de Comprimento de onda: 185-850 nm
NEP: 5.0×10^{-16}
Resposta de Pico: 70 mA/W
Tempo de subida: 1.2 ns
Tempo de transição: 18 ns
Corrente: 100 μ A
Amplificação de corrente: 1.3×10^6
Corrente de fundo escuro): 5 nA
Tensão de polarização: 1250 V
Resposta do Anodo: 9.1×10^4 A/W
Comprimento de onda de pico: 420 nm

5.1.3 O MONOCROMADOR



Figura 153 – Monocromador Oriel 77250. Fonte: Newport.

O monocromador Oriel 7720 (Figura 153) é um instrumento operado à mão para aplicações laboratoriais de uso geral ou aplicações acadêmicas. Esse simples instrumento operado manualmente tem boa resolução, pouca luz difusa e é muito versátil (Newport, 2018).

- a) O design Ebert-Fastie elimina a luz dispersa.
- b) Manivela operada manualmente, com saída de comprimento de onda de 1 nm.
- c) Integrado com um contador de três dígitos, que exibe o comprimento de onda de saída para uma resolução de 0,1 nm.
- d) Modelos de fenda ajustável, com fenda e micrômetro fixos disponíveis.
- e) Resolução de até 0,5 nm, disponível com grades intercambiáveis selecionadas.

5.1.4 RESULTADO DO ESPECTRO DO CORONA KIRLIÔNICO

Entre vários testes preliminares para calibrar o aparelho, em uma única tarde, utilizando emprestado o Laboratório de Filmes Finos do Instituto de Física Gleb Wataghin da Unicamp, em 1994, foi possível obter, finalmente, os gráficos da Figura 154. Trata-se de uma figura apenas intercalada com os espectros coincidentes na escala do comprimento de onda. O espectro de cima compreende a faixa de 800 nm a 150 nm e o de baixo o mesmo espectro, com ganho ampliado para verificar o espectro visível de 800 nm a 400 nm.

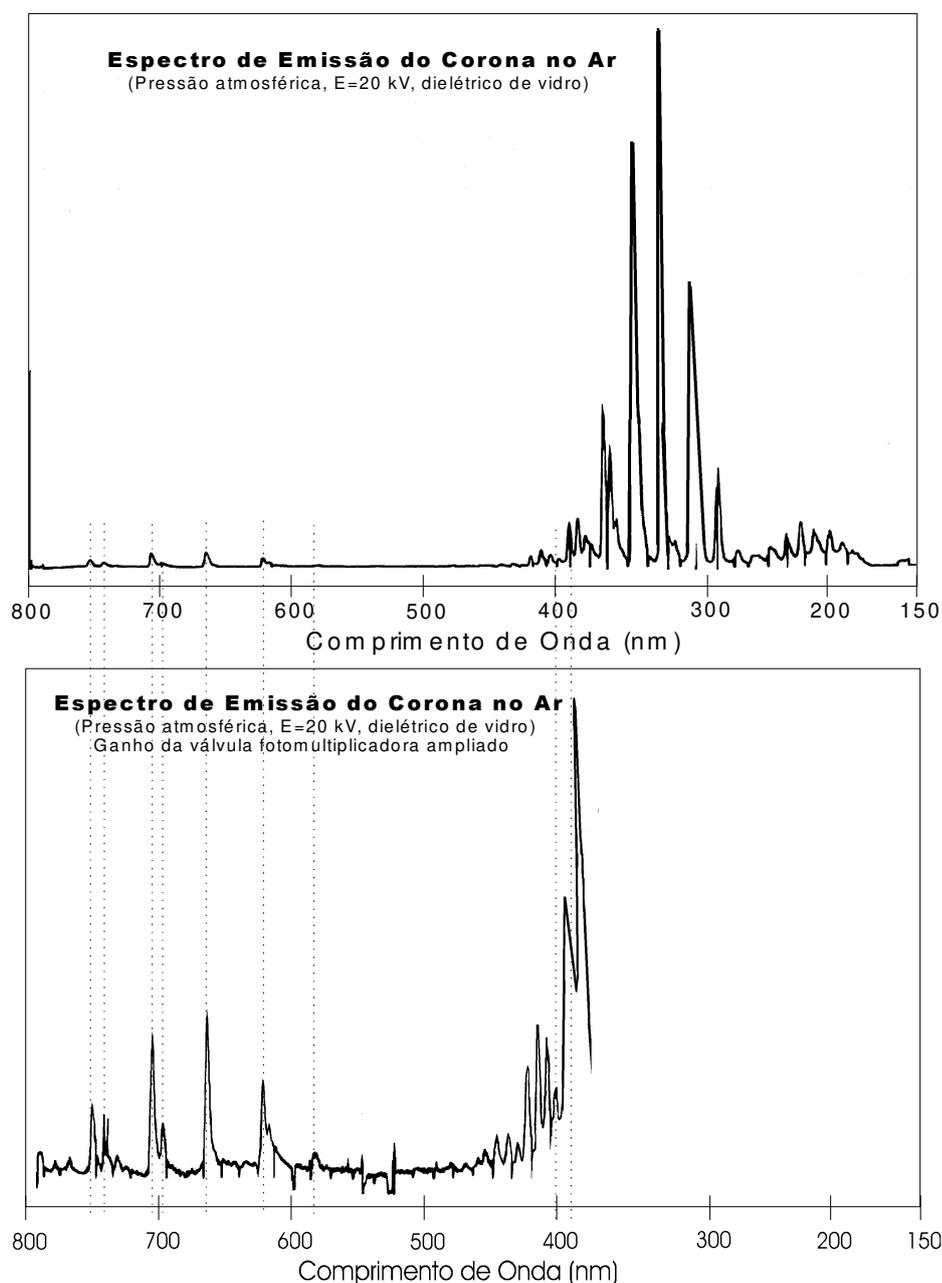


Figura 154 – Espectros Obtidos com o espectrofotômetro Kirliangráfico. Fonte: Autoria própria (1994).

Com o ganho da válvula fotomultiplicadora aumentado, por meio da elevação de sua tensão, foi possível registrar os picos de pequena intensidade na faixa da radiação visível, obtendo-se o gráfico inferior da Figura 154, em que se observam os picos de radiação entre 800 nm e 400 nm. Alinhando-se os dois gráficos, é possível perceber sua proporção em relação à intensidade da radiação ultravioleta.

Este trabalho foi apresentado pessoalmente pelo autor no Congresso Science Information and Spirit 99, ocorrido em 1999, na cidade de São Petersburgo, na Rússia, organizado pela empresa Kirlionics Technology International em cooperação com a Universidade Técnica Federal (Federal Technical University) (SPIFMO) e da Universidade Eletrotécnica de São Petersburgo (S-Petersburg Electrotechnical University), e publicado nas páginas 65 e 66 dos anais do referido congresso.

5.1.5 COMPARAÇÃO COM RESULTADOS DE OUTROS PESQUISADORES

O espectro de emissão da Figura 154, obtido com o espectrofotômetro kirliônico, é coerente com o espectro de descarga Corona no ar, obtido com eletrodos metálicos por outros autores (Costa, 1976), conforme Figuras 155, 156, 157 e 158.

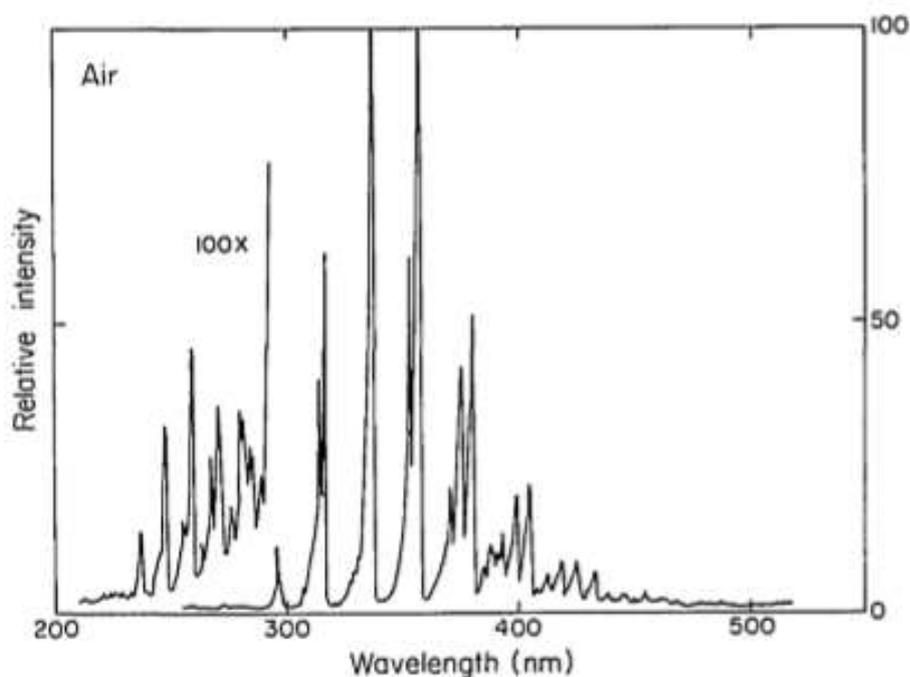


Figura 155 – Espectros do Corona no ar. Fonte: (Costa, 1976).

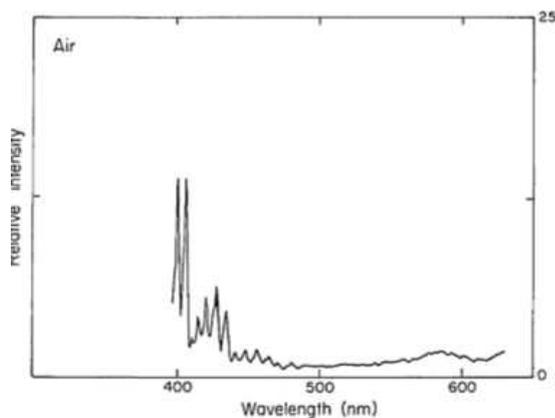


Figura 156 – Espectro do Corona no ar na faixa visível. Fonte: (Costa, 1976).

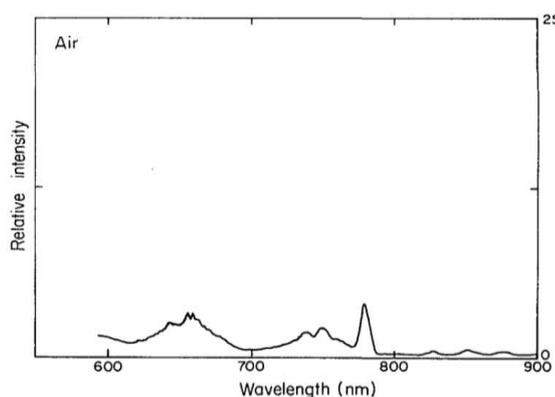


Figura 157 - Espectro do Corona no ar na faixa do vermelho e infravermelho. Fonte: (Costa, 1976).

A Figura 158 exibe o espectro do Corona no ar à pressão atmosférica, produzido com pulsos de 10 kV e taxa de repetição de 100 Hz (Tao Shao, 2011).

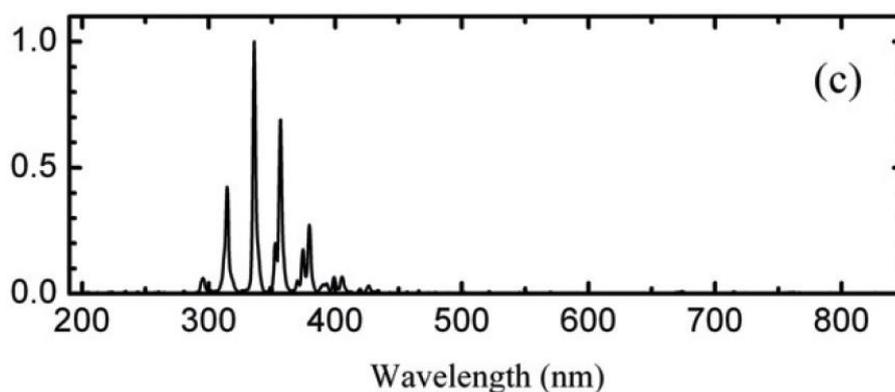


Figura 158 - Espectro do Corona no ar à pressão atmosférica. Fonte: (Tao Shao, 2011).

Baseado no experimento espectrofotométrico realizado e com referência a outros autores, é seguro afirmar que, com o efeito Corona no ar, a pressão atmosférica apresenta **uma forte emissão de radiação ultravioleta nas faixas de 300 nm a 400 nm, com emissões relativamente fracas no espectro visível.**

5.2 KIRLIANGRAFIAS COM ABERRAÇÕES CROMÁTICAS

Ao revisitar o problema a ser investigado, abordado na introdução desta dissertação, e como já foi afirmado, a União Internacional de Bioeletrografia adotou o Padrão Newton Milhomens, entre outros dois, como padrão oficial. Esse padrão apresenta predominância cromática rosa, avermelhada, com manchas azuis e, esporadicamente, o surgimento de regiões alaranjadas. Essas cores **não correspondem** com a **espectrofotometria de emissão** obtida em condições idênticas à da kirliangrafia.

Como se pode observar, o Corona tem raias espectrais intensas na região do ultravioleta, sendo que o filme fotográfico tem sensibilidade até, aproximadamente, 380 nm onde o Corona tem uma emissão bastante intensa, quando comparada com os pequenos picos de radiação na faixa do vermelho (Figura 159). Com essa análise, é de se esperar uma foto muito mais azulada do que avermelhada.

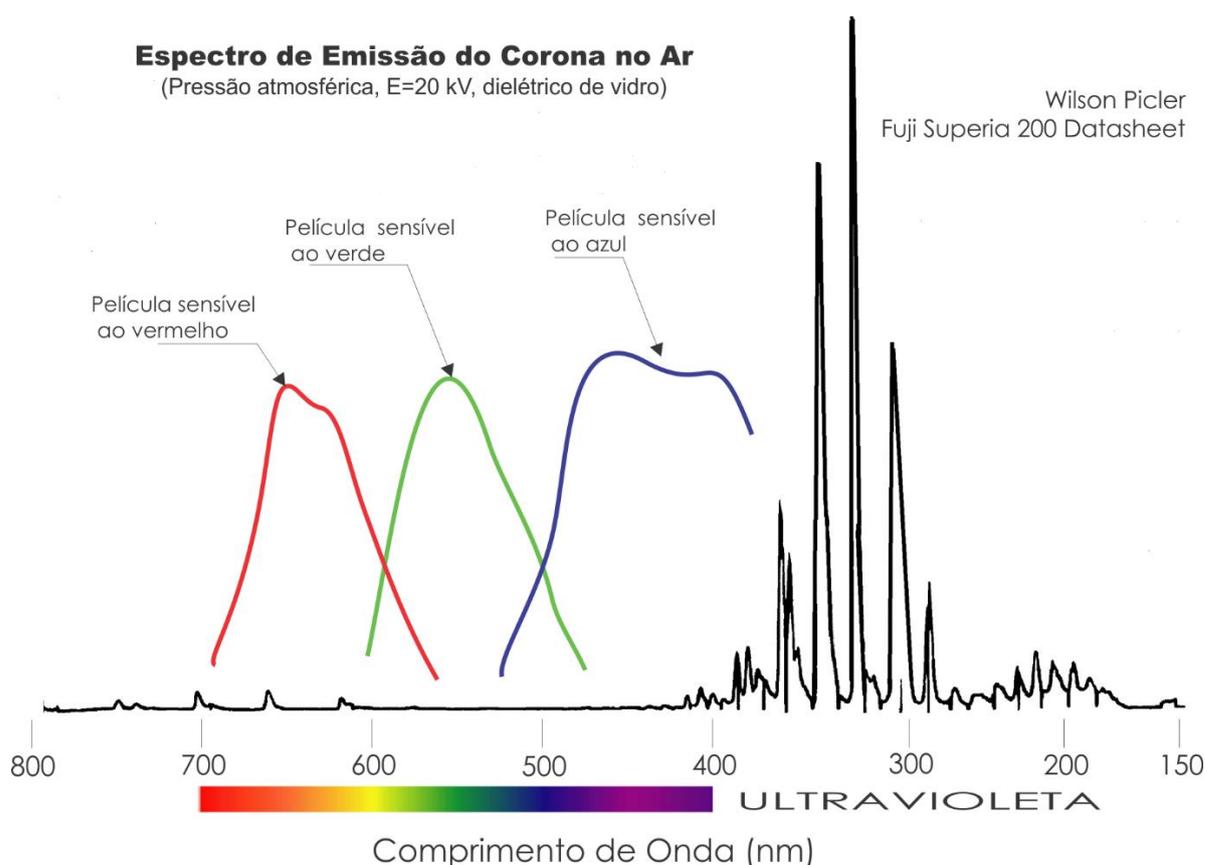
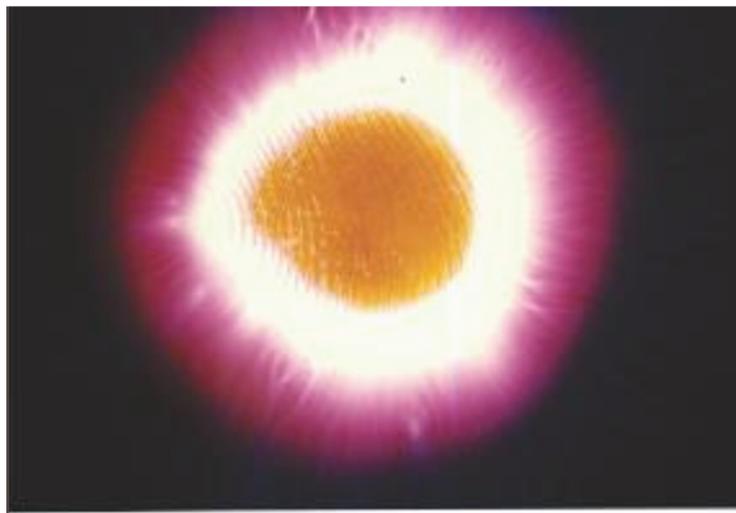
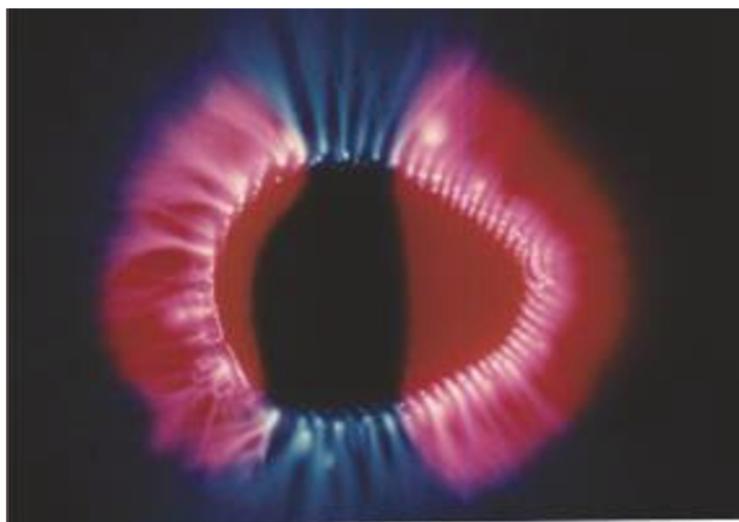


Figura 159 - Espectro do Corona Kirliangráfico Obtido com o Espectrofotômetro Kirliônico x sensibilidade do filme Pancromático. Fonte: autoria própria.

Como, então, explicar o aparecimento de cores como vermelho e laranja/amarelo na kirliangrafia KG 7 e a simetria de vermelho e azul da KG 8 ?



KG 7 - Kirliangrafia com miolo amarelo obtida com equipamento Padrão Newto Milhomens. Fonte: (Picler, Technical Advances in Kirliangraphy, 1990).



KG 8 - Kirliangrafia azul e vermelha obtida com equipamento Padrão Newto Milhomens. Fonte: (Picler, Technical Advances in Kirliangraphy, 1990).

Já por volta de 1975, Boyers e Tiller, da Universidade de Stanford, demonstraram que essas cores atípicas eram decorrentes da ionização (Corona) em bolsas de ar embaixo do filme fotográfico (Boyer & Tiller, The Colors in Kirlian Photography - fact or artifact?, 1976).

5.2.1 HIPÓTESE DE SENSIBILIZAÇÃO INVERSA DO FILME

Analisando-se os equipamentos comumente empregados no Brasil, chegou-se à conclusão de que as geometrias empregadas por eles favorecem, em muito, a formação de bolsas de ar embaixo do filme, conforme ilustrado nas Figuras 160 e 161.

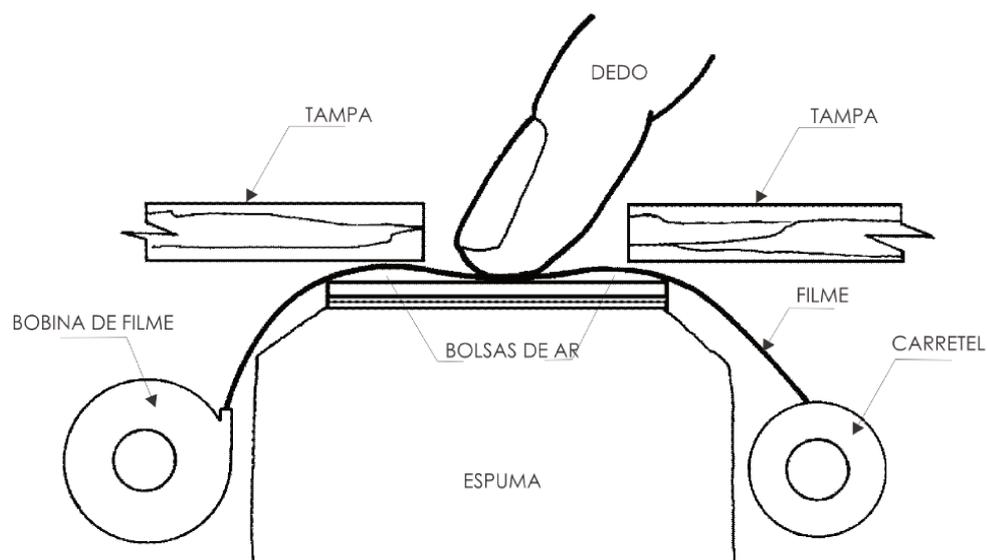


Figura 160 – Formação de bolsas embaixo do filme. Fonte: Autoria própria.

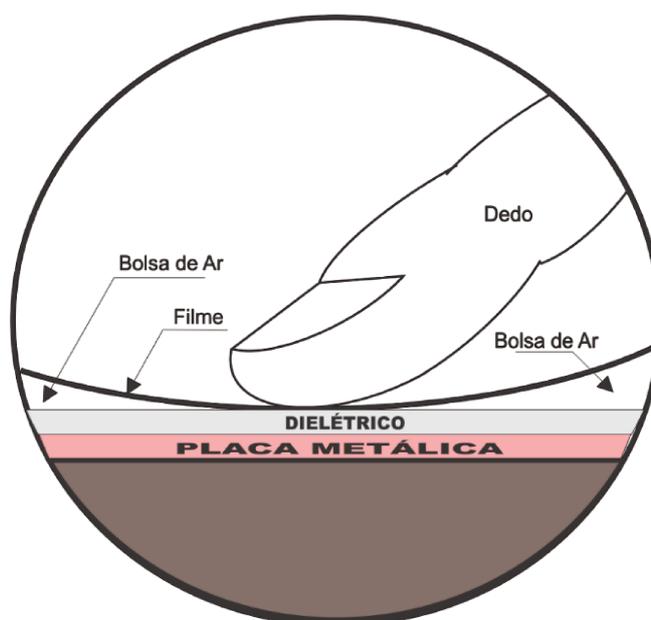


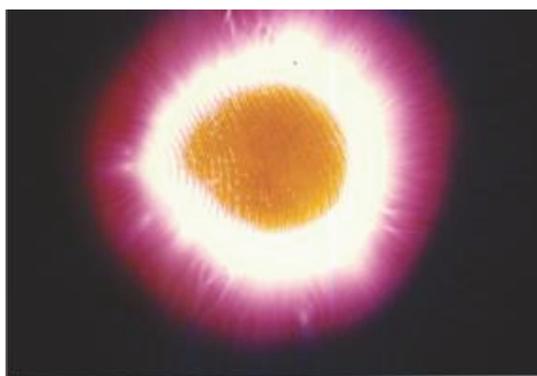
Figura 161 - Visão ampliada das bolsas embaixo do filme. Fonte: Autoria própria.

A radiação gerada pelo Corona nessas bolsas sensibiliza o filme pelo lado oposto. Sendo a última emulsão do filme, justamente, a responsável pelo vermelho;

no caso de ionização oposta, seria a primeira a ser atingida. Embora a referida emulsão seja a responsável pelo vermelho, ela também é sensível ao ultravioleta e ao azul, ocorrendo o mesmo com a camada responsável pelo verde. Com a ocorrência de Corona embaixo do filme, conforme a Seção B da Figura 162 – Sentido da sensibilização do filme, a camada de vermelho é atingida diretamente e, dependendo das dimensões das referidas bolsas, a quantidade de radiação gerada embaixo do filme atinge também a camada do verde. As misturas de verde com vermelho criam as cores laranja e amarelo. Eis a razão para o surgimento das cores rosa, vermelho, laranja e amarelo nas kirliangrafias popularmente exibidas.

Se o Corona ocorre em ambas as faces do filme seção C da Figura 162 – Sentido da sensibilização do filme, tem-se, portanto, a sensibilização das camadas responsáveis pelo azul e pelo vermelho, resultando em colorações rosa ou lilás. Se a radiação for forte o suficiente, pode-se também ter a saturação de todas as três camadas, resultando em branco.

Fazendo-se kirliangrafias com um porta-filme propenso à formação de bolsas embaixo do filme, foram obtidos resultados repletos de cores vermelha, laranja e amarela, tal como se apresenta na KG 9 - Kirliangrafia com miolo amarelo. Essas cores são, frequentemente, utilizadas como padrões para interpretações das kirliangrafias, o que consiste em lamentável equívoco.



KG 9 - Kirliangrafia com miolo amarelo obtida com equipamento Padrão Newto Milhomens. Fonte: (Picler, Technical Advances in Kirliangraphy, 1990).

A Figura 162 exibe três sentidos de sensibilização do filme fotográfico com radiação azul/ultravioleta. Sensibilização apenas por cima (A), sentido normal; sensibilização apenas por baixo (B), sentido oposto; e por ambos os sentidos (C).

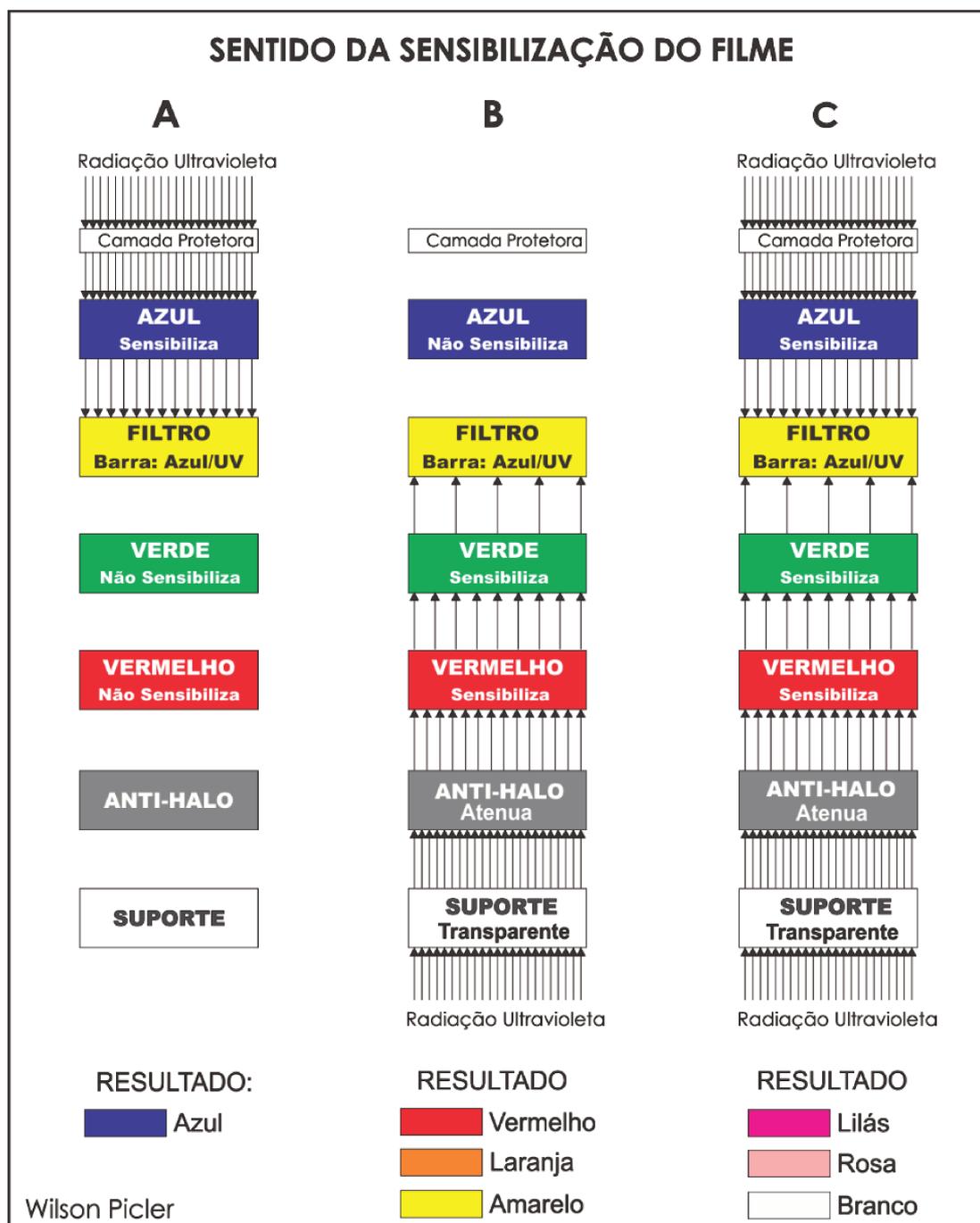


Figura 162 – Sentido da sensibilização do filme. Fonte: Autoria própria.

5.2.2 SÍNTESE DA HIPÓTESE DA SENSIBILIZAÇÃO CONTRÁRIA DO FILME

As bolsas de ar embaixo do filme, sob a ação da alta tensão, são ionizadas e geram o efeito Corona, característico por forte emissão de radiação ultravioleta que sensibiliza o filme ao contrário e provoca severas aberrações cromáticas nas Kirliangrafias, em especial manchas vermelhas, lilases e amarelas.

5.2.3 EXPERIMENTO PARA TESTAR A HIPÓTESE

Para corroborar ou refutar, experimentalmente, a hipótese de sensibilização inversa do filme, como responsável pelas aberrações cromáticas na técnica Kirlian, foi conduzido um **experimento original e estratégico** que consiste em inserir, embaixo do filme, uma **lâmina filetada** de plástico, de aproximadamente 0,5 mm, com cortes isométricos, caracterizando uma grade listrada, que força a existência de ar embaixo do filme em regiões bem definidas, com geometria conhecida, conforme Figuras 163 e 164.

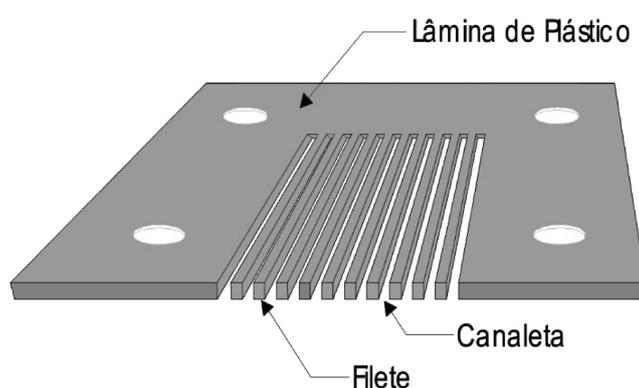


Figura 163 - Lâmina filetada. Fonte: Autoria própria.

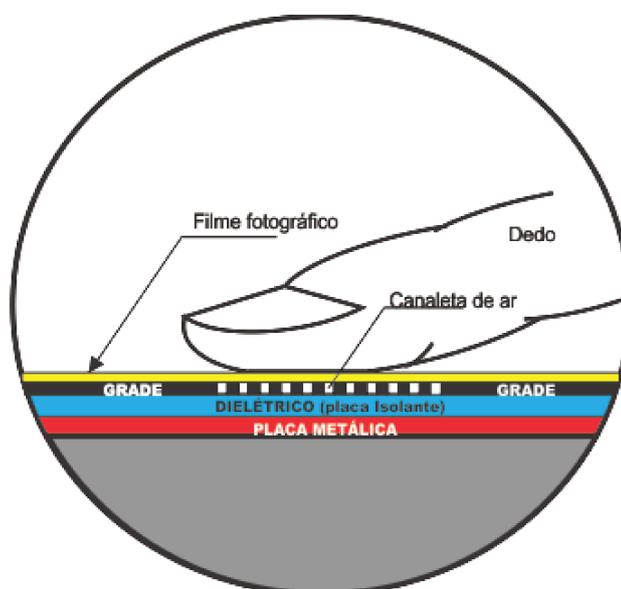


Figura 164 - Visão em corte da lâmina filetada, inserida embaixo do filme. Fonte: Autoria própria.

Para o aterramento do Dedo *Phantom* é utilizado um resistor para Alta Tensão Ohmite MOX960 de 10 M Ω , vide Figura 165.

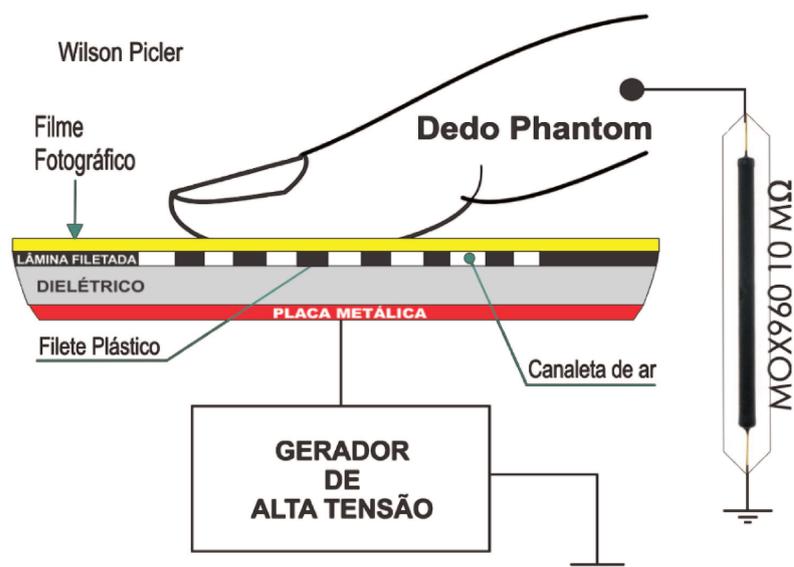


Figura 165 – Dedo *Phantom* Aterrado com resistor de 10 MΩ.

5.2.4 RESULTADO DO EXPERIMENTO COM A LÂMINA FILETADA

O resultado da experiência com a lâmina filetada, inserida embaixo do filme, foi revelador. A kiliangrafia surgiu com listras vermelhas onde havia ar apenas embaixo do filme. Com listras azuis, onde havia ar apenas em cima do filme e, com listras lilases (uma mistura de vermelho com azul), onde havia ar tanto em cima como embaixo do filme, vide Figura 166, **corroborando desta forma com a hipótese formulada.**

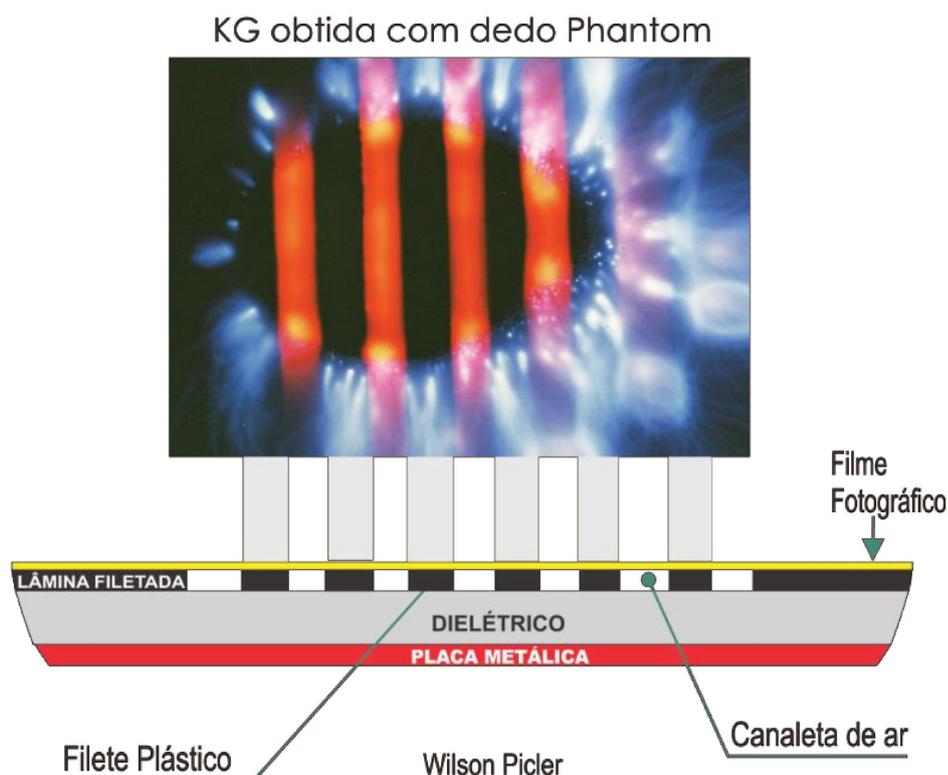


Figura 166 – Representação da lâmina filetada coincidente com as faixas. Fonte: autoria própria.

5.3 LÂMINA SULCADA

O objetivo desta experiência é o de verificar a repetibilidade da experiência com as canaletas embaixo do filme e, com isso, demonstrar de forma redundante que os espaços de ar embaixo do filme são ionizados pela ação dos impulsos de alta tensão gerando o Corona e conseqüentemente radiação que sensibiliza o filme, em diferentes graus, pelo lado oposto. Para tanto, utilizou-se desta vez uma lâmina sulcada (Figuras 167 e 168) que tem o mesmo efeito da lâmina filetada descrita e utilizada anteriormente.

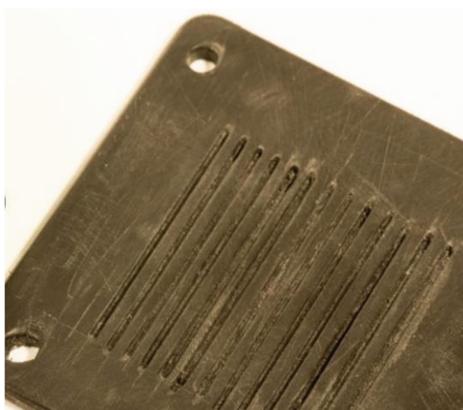


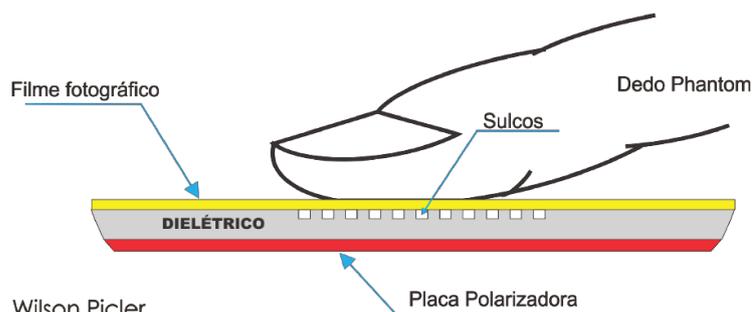
Figura 167 - Lâmina sulcada – PVC – espessura de 3 mm, Aprox. 7,0 cm x 7,0 cm. Fonte: autoria própria/Luiz Antonio Ferreira dos Santos.



Wilson Picler

Figura 168 – Corte transversal da lâmina sulcada. Fonte: autoria própria.

O diferencial neste experimento é que são testadas diferentes combinações de Frequências de Repetição em busca de reproduzir-se o padrão vermelho, laranja e amarelo. A lâmina foi preparada em um dielétrico comum de 3mm, na qual foram feitos sulcos para forçar a existência de ar em regiões bem definidas, com uma geometria conhecida. A lâmina sulcada) foi introduzida como dielétrico entre o filme e a placa polarizadora (figura 169).



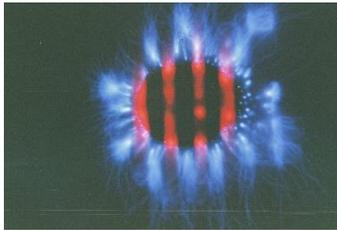
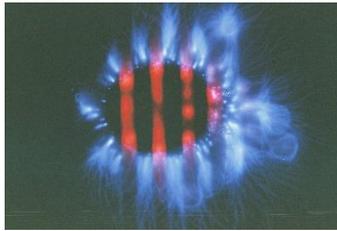
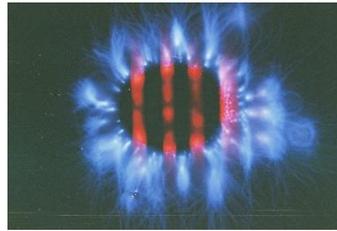
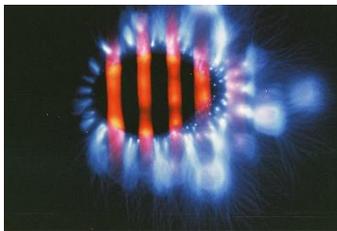
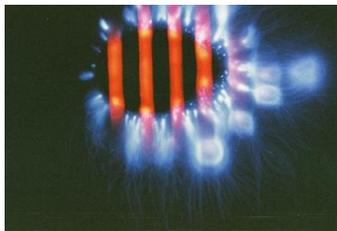
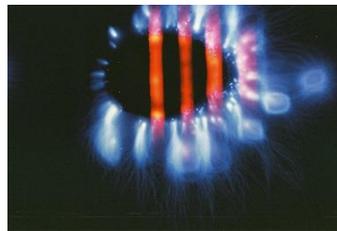
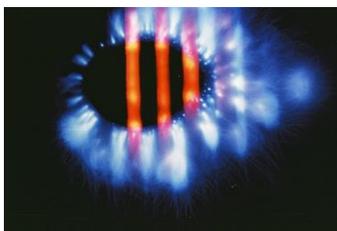
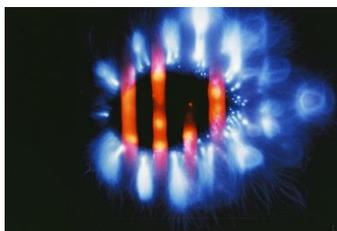
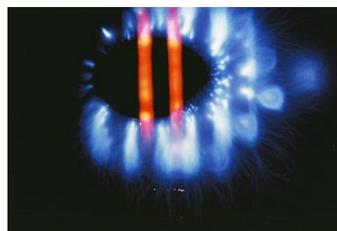
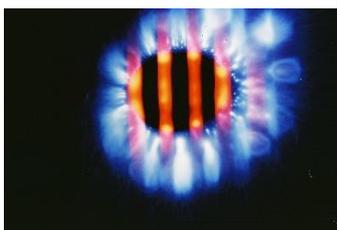
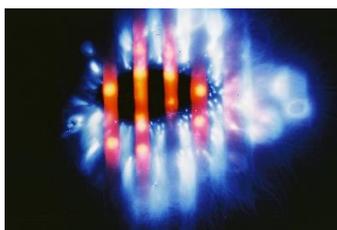
Wilson Picler

Figura 169 – Lâmina Sulcada Inserida. Fonte: autoria própria.

5.3.1 RESULTADOS COM LÂMINA SULCADA

Nesta série com a Lâmina Sulcada (Tabela 35) foram feitas quatro sequências com frequência de repetição de 100 Hz, 200 Hz, 400 Hz, 800 Hz, com tempo de exposição de 0,5 s, tensão de 10kV e força de 1000 gf.

Tabela 35 – Resultados da lâmina sulcada. Fonte: autoria própria.

10 kV 1000 gf 0.5 s 100 Hz 50 impulsos			
10 kV 1000 gf 0.5 s 200 Hz 100 impulsos			
10 kV 1000 gf 0.5 s 400 Hz 200 impulsos			
10 kV 1000 gf 0.5 s 800 Hz 400 impulsos			

Durante o tempo de acionamento, o circuito mantém-se gerando impulsos de MAT. Se a frequência de repetição é de 100 ciclos por segundo (Hz) durante o tempo de 1 s, são gerados 100 impulsos amortecidos. Se o tempo for de 0,5 s, são gerados 50 impulsos. Se FR é de 500 Hz e o tempo de 0,5 s, são gerados (500 x 0,5) 250 impulsos. Neste experimento foi possível verificar o surgimento das cores laranja a medida que a Frequência de Repetição é acrescida, conseqüentemente o número de impulsos de MAT aplicados é igualmente aumentado.

5.3.2 HIPÓTESE DE FORMAÇÃO DO AMARELO

A hipótese para a formação da cor amarela na faixa central (miolo) das kirliangrafias é a de que: são artefatos decorrentes da alta exposição à radiação gerada pela ionização de bolsas de ar embaixo do filme, que, devido à intensidade ou tempo de exposição elevado, satura a camada de vermelho, e a radiação excedente sensibiliza a camada de verde, promovendo diferentes graus de mistura de verde com vermelho, vide Figura 170.

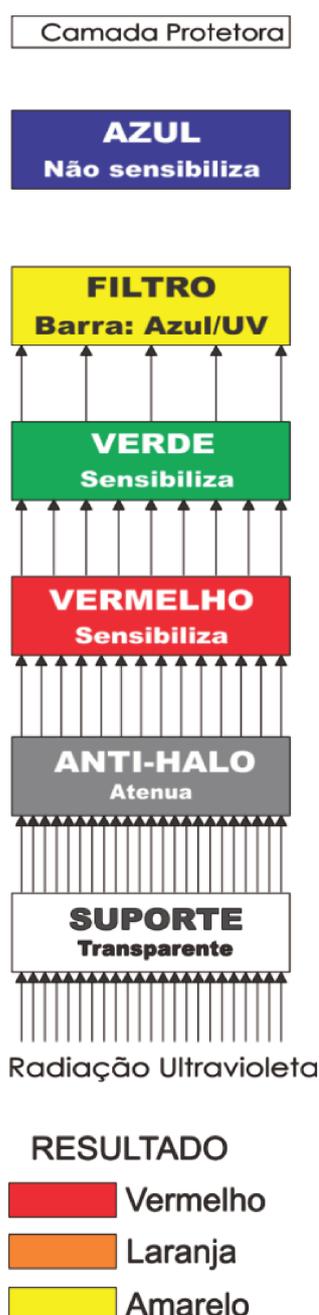


Figura 170 – Sentido contrário de sensibilização do filme. Fonte: autoria própria.

5.3.3 EXPERIMENTO PARA TESTAR A HIPÓTESE DO AMARELO

Para demonstrar a hipótese de saturação da camada de vermelho e combinação com a camada de verde do filme, foi realizado novo experimento, utilizando-se a lâmina filetada (Figura 171) inserida embaixo do Filme Fotográfico, vide Figura 172. Nesse experimento, a frequência foi acrescida gradativamente como segue: 100Hz; 200Hz; 400 Hz e 800 Hz. As KGs 10 à 21 foram obtidas sem aterramento resistivo. No final do experimento foram realizadas duas novas séries com FR de 200Hz e 800 Hz com o dedo aterrado por meio do resistor MOX de 10 M Ω (KGs 22 à 27). Este aterramento produziu um discreto aumento na intensidade do Corona. Os resultados desta experiência estão apresentados na Tabela 36.

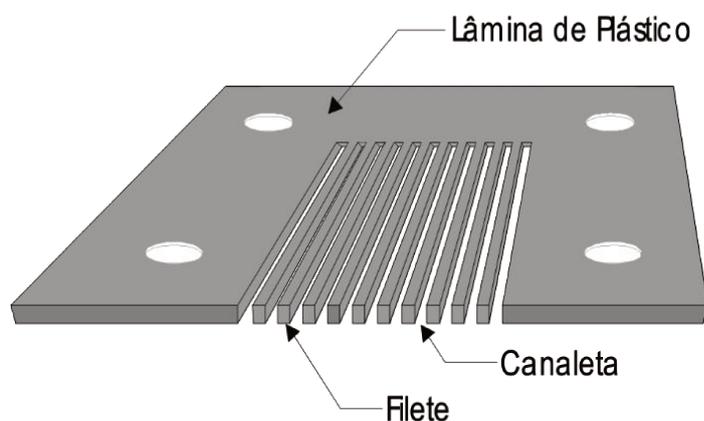


Figura 171 – Lâmina Filetada de 0,5 mm de espessura

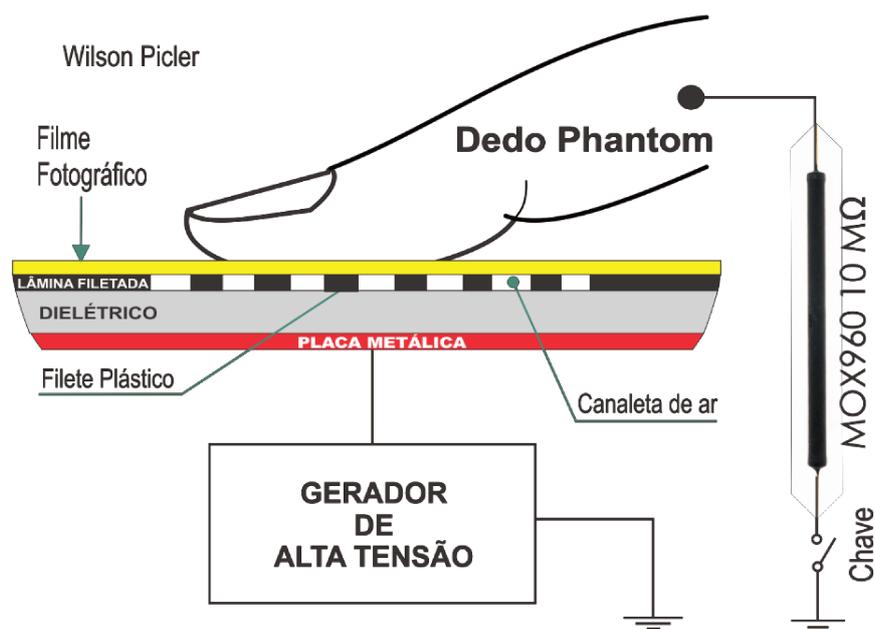
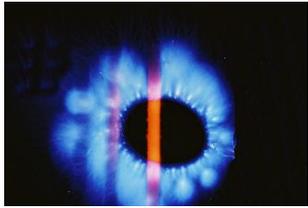
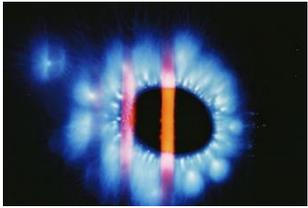
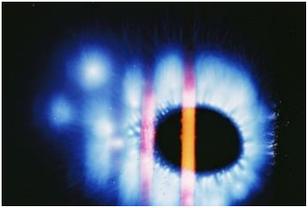
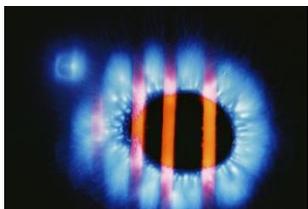
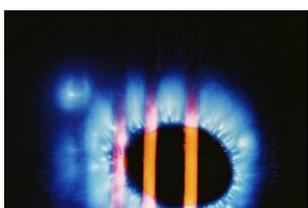
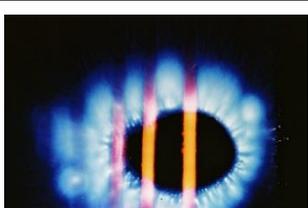
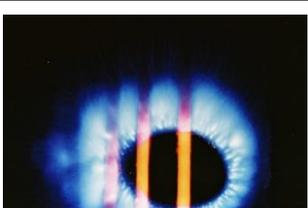
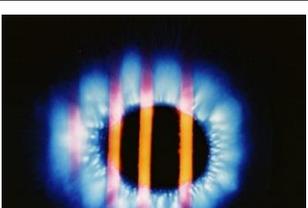
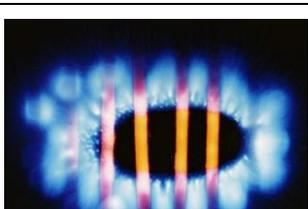
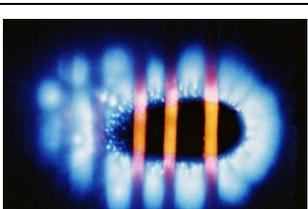
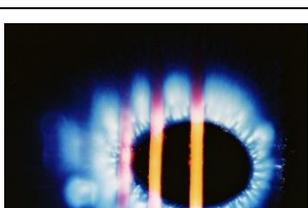
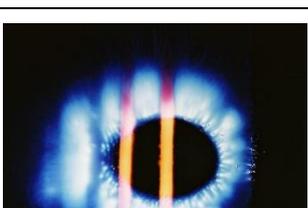
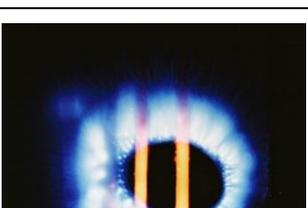


Figura 172 – Lâmina Filetada inserida embaixo do filme fotográfico

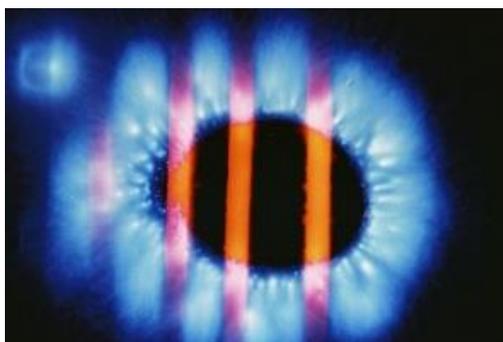
5.3.4 RESULTADO DO EXPERIMENTO TESTE DE HIPÓTESE

Tabela 36 – Kirliangrafias resultantes do emprego da lâmina Filetada com Dedo *Phantom*.
Fonte: autoria própria.

24/03/2019 20:56 h	T: 21,8 °C	P: 914 hPa	UR: 70,3%
0,5s 100 Hz 10kV 350 gf 50 impulsos	 KG 10	 KG 11	 KG 12
0,5 s 200 Hz 10kV 350 gf 100 impulsos	 KG 13	 KG 14	 KG 15
0,5 s 400 Hz 10kV 350 gf 200 impulsos	 KG 16	 KG 17	 KG 18
0,5 s 800 Hz 10kV 350 gf 400 impulsos	 KG 19	 KG 20	 KG 21
0,5s 200 Hz 10kV 850 gf 100 impulsos Aterramento 10 MΩ	 KG 22	 KG 23	 KG 24
0,5 s 800 Hz 10kV 850gf 400 impulsos Aterramento 10 MΩ	 KG 25	 KG 26	 KG 27

5.4 ANÁLISE

Observa-se, em toda a Série da Tabela 36 o aparecimento das faixas avermelhadas no centro (miolo), que corresponde à área de contato do dedo com o filme, no entanto, em decorrência da lâmina dielétrica filetada inserida embaixo do filme, os canais embaixo do filme, preenchidos pelo ar foram ionizados pelo efeito da alta tensão e produziu o efeito Corona, caracterizado pela intensa emissão de radiação violeta/ultravioleta. Essa radiação luminosa embaixo do filme causou a sensibilização ao contrário do filme, gerando estas faixas vermelhas/laranjas (KG 28).



KG 28 - 10kV 0,5 s, 200 Hz 350 gf, 100 impulsos. Fonte: autoria própria.

À medida que a Frequência de Repetição dos impulsos de MAT foram aumentados, a quantidade de impulsos aplicados também aumentou, provocando uma exposição maior do filme à radiação gerada, com isto, as faixas foram ficando mais alaranjadas (KG 28).

As faixas surgiram azuladas onde havia ar apenas em cima do filme e onde havia ar em cima e embaixo (ambos os lados) do filme, as faixas surgiram com coloração lilás/rosa (mistura de azul com vermelho). A kirliangrafia KG 29, resultado da aplicação de 400 impulsos de 10 kV (tempo de 0,5 s e frequência de repetição de 800 Hz), atingiu um nível de sensibilização elevada e, com isso, revelou faixas centrais amarelas.



KG 29 – Kirliangrafia com Faixas amarelas no miolo. Fonte: autoria própria.

Analisando as kirliangrafia desta série, pode-se constatar que o ar embaixo do filme é ionizado pela ação do forte campo elétrico, decorrente dos impulsos de alta tensão. Esse campo elétrico tem intensidade suficiente para transformar essa ionização em efeito Corona, que emite forte radiação ultravioleta/violeta que sensibiliza o filme ao contrário e produz as cores vermelha, laranja e amarela. A formação do Corona, tanto em cima como embaixo do filme, sensibiliza o filme por ambos os lados, gerando as cores rosa e lilás. A formação do Corona apenas do lado de cima do filme resulta em uma coloração azul.

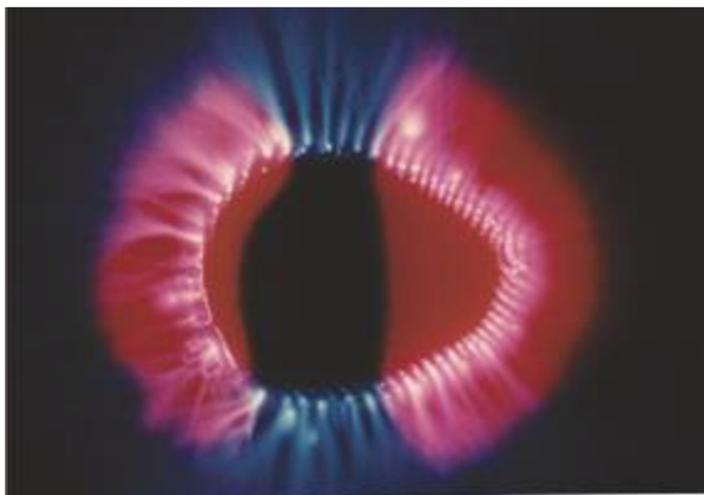
Pode-se constatar, na sequência da Tabela 36, que, à medida que o número de impulsos de MAT aumenta, em decorrência do aumento da Frequência de Repetição (FR), a cor central das listras vai se tornando cada vez mais amarelada. Esse resultado corrobora com a hipótese de saturação da camada de vermelho e sensibilização da camada de verde, gerando diferentes graus de combinação de vermelho com verde.

5.5 DESMISTIFICANDO O DIAGNÓSTICO YIN-YANG

Como já foi mencionado, alguns “pesquisadores”, comerciantes de aparelhos e kirliangrafias, correlacionam as cores das kirliangrafias com padrões indicadores dos mais diversos estados parapsicológicos e de patologias diversas, como sendo sensitivos de cura, equilíbrio de energias *yin-yang* etc.

Para alguns autores, uma kirliangrafia como a da KG 30 seria um indicador de equilíbrio de energias *yin-yang*, pois apresenta, de forma balanceada e simétrica, as cores vermelha e azul. Essas cores são artefatos gerados no porta-filme deficiente, que permite a formação de bolsas de ar embaixo do filme, tal como se apresenta na Figura 173. Na década de 80, fabricava-se o porta-filme com a placa polarizadora colada diretamente sobre uma espuma densa.

Nota-se na KG 30 que, onde o dedo faz bom contato com o filme, coincide com a região de azul.



KG 30 - Kirliangrafia obtida na condição da figura abaixo. Fonte: INPP, 1990

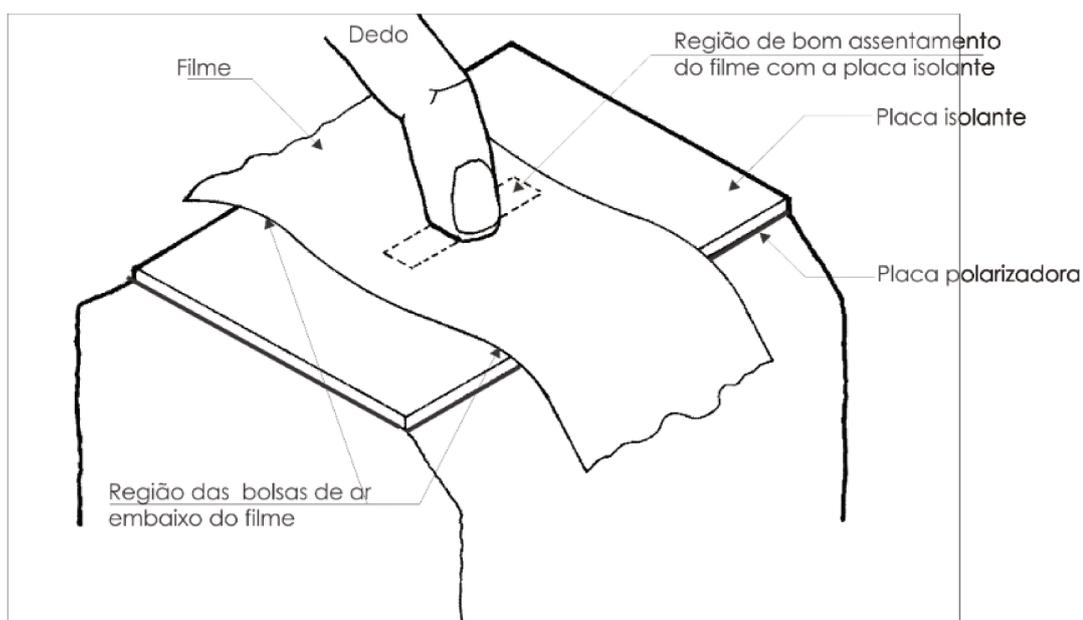


Figura 173 - Representação da região que o dedo pressiona o filme contra a placa.
Fonte: autoria própria.

Curiosamente, após tomar conhecimento desta pesquisa, o padrão Newton Milhomens alterou o *design* do porta-filme, que antes era sobre uma espuma solta (Figura 173) para o modelo da Figura 174. Observe-se que, nesse modelo, há duas paredes rígidas entre as quais foi colocada a espuma. Essas paredes forçam ainda mais a formação de bolsões de ar embaixo do filme fotográfico (Figura 175) produzindo, quase que invariavelmente, o padrão da kirliangrafia exibido na KG 30, atribuída ao bom equilíbrio de energia *Yin-Yang*.

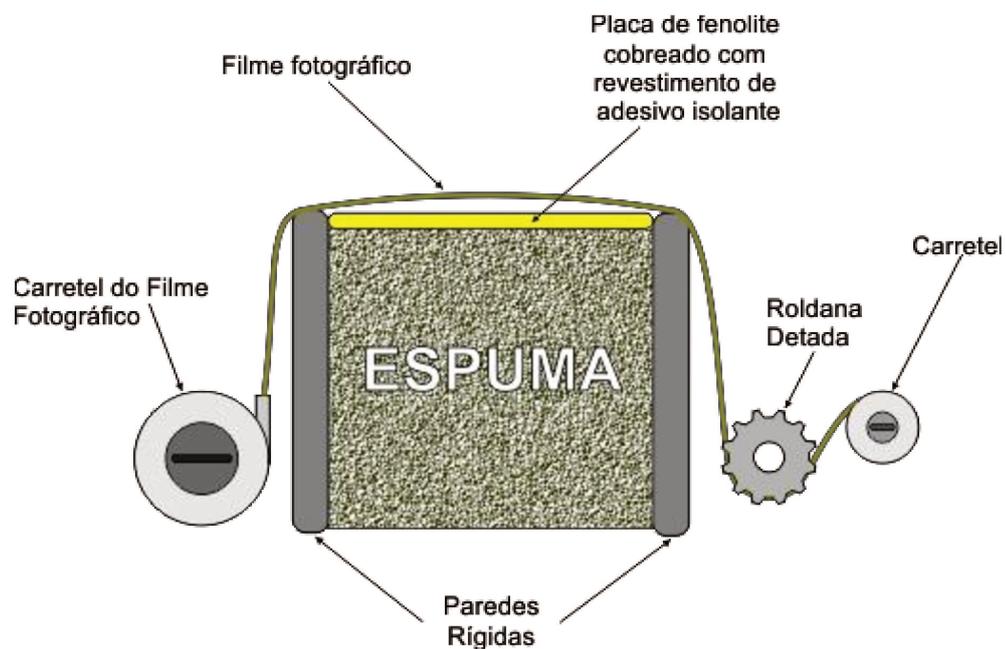


Figura 174 – Porta Filme Kirliangráfico com o filme colocado. Fonte: autoria própria.

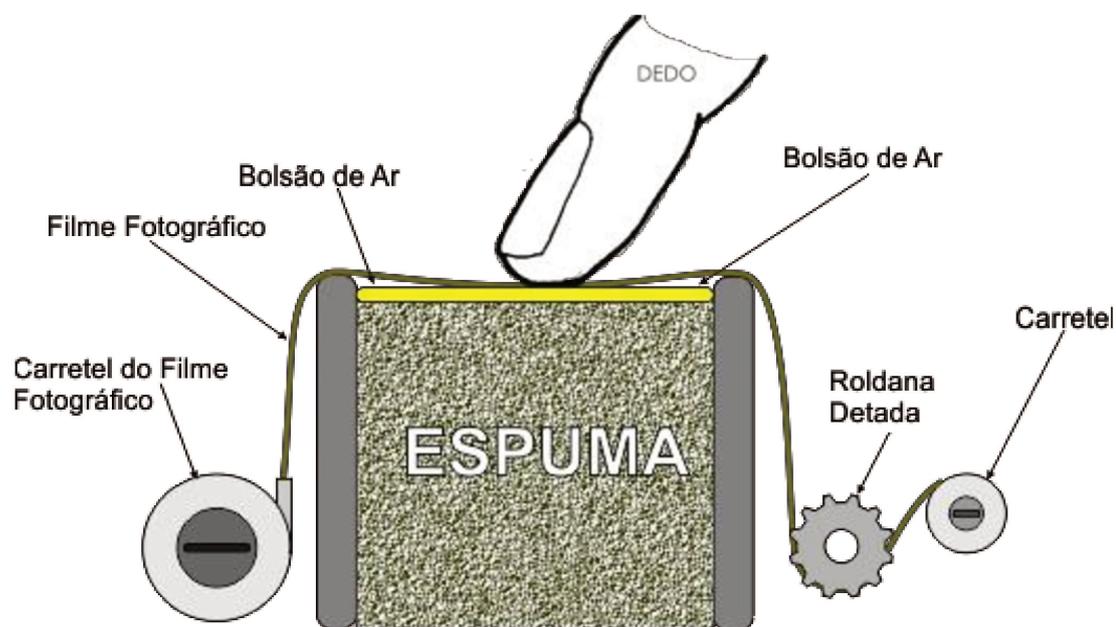


Figura 175 - Porta Filme Kirliangráfico com o filme e o dedo posicionado. Fonte: autoria própria.

5.6 ELIMINAÇÃO DOS ARTEFATOS DE COR

Para eliminar as bolsas de ar embaixo do filme fotográfico, foi concebido, no âmbito desta pesquisa, um **quadro compressor**, que consiste em uma lâmina rígida de acrílico, com 2 mm de espessura, vazado com uma janela que permite ao dedo tocar o filme, porém pressionando-o pelas bordas, por meio de quatro parafusos confeccionados com material isolante (Poliacetil), conforme a Figura 176.

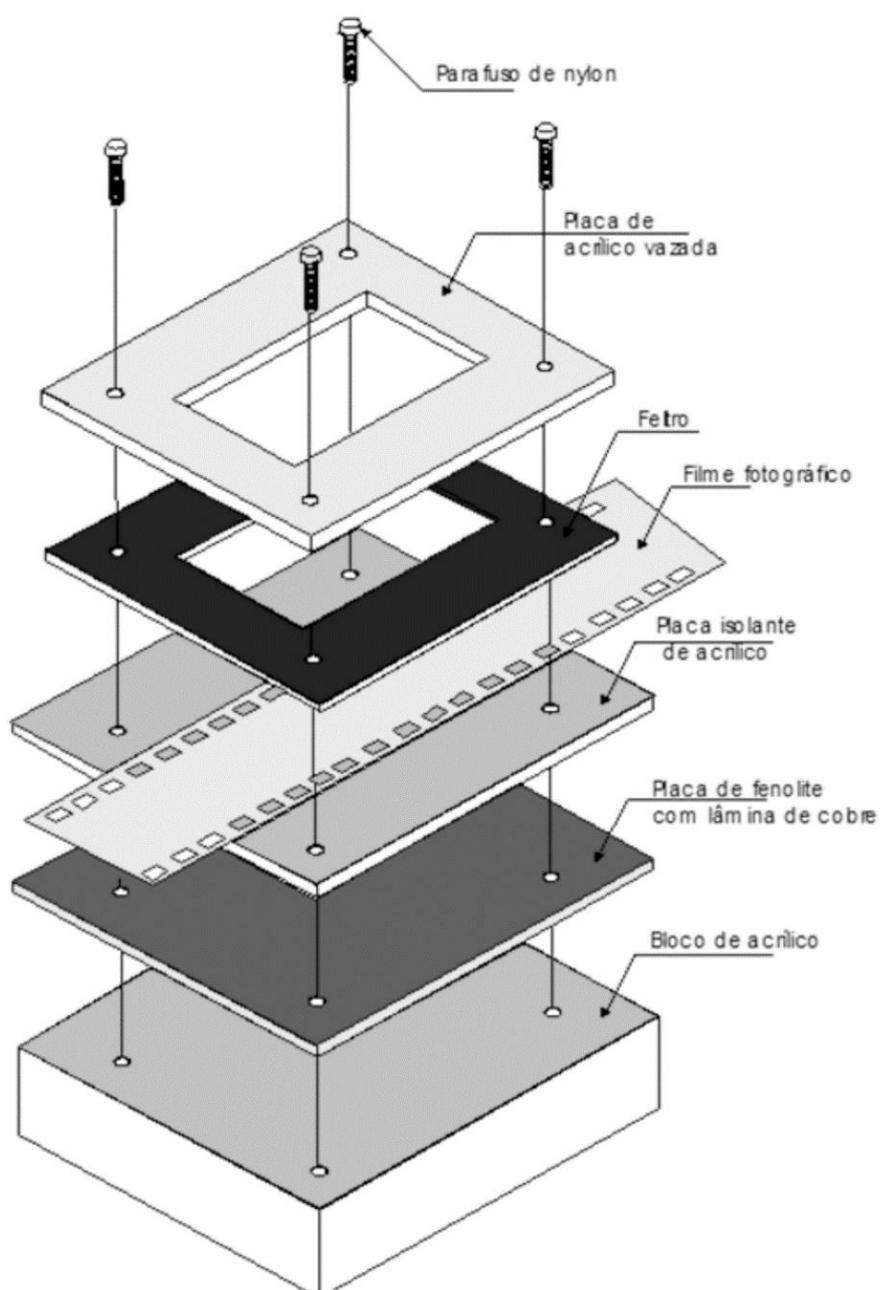


Figura 176 – Vista explodida do conjunto Base + Quadro Compressor. Fonte: autoria própria.

Sobre a **base** rígida, confeccionada em poliacetal, é posicionada a **placa polarizadora** metálica, nesse caso, uma placa de fenolite com camada de cobre do tipo utilizado em circuitos eletrônicos impressos. Sobre a placa polarizadora, é colocado o **dielétrico** de PVC, ou acrílico, com 1 mm de espessura. Essa placa atua como isolante elétrico sobre o qual corre (desloca-se) o filme fotográfico. Todo o conjunto é pressionado pelo **quadro compressor**, confeccionado em acrílico, PVC ou outro material dielétrico rígido, com a face inferior revestida por feltro ou material macio que proteja o filme contra arranhaduras devido à fricção com o **quadro compressor**. O conjunto Quadro/Feltro é vasado (cortado) com uma abertura retangular para permitir o contato do dedo com o filme. Dessa forma, o **quadro compressor** elimina tão somente as bolsas de ar embaixo do filme, sem alterar as demais condições experimentais. Todo o conjunto é pressionado contra a **base** por meio de quatro parafusos, confeccionados em poliacetal, vide Figuras 177 e 178.

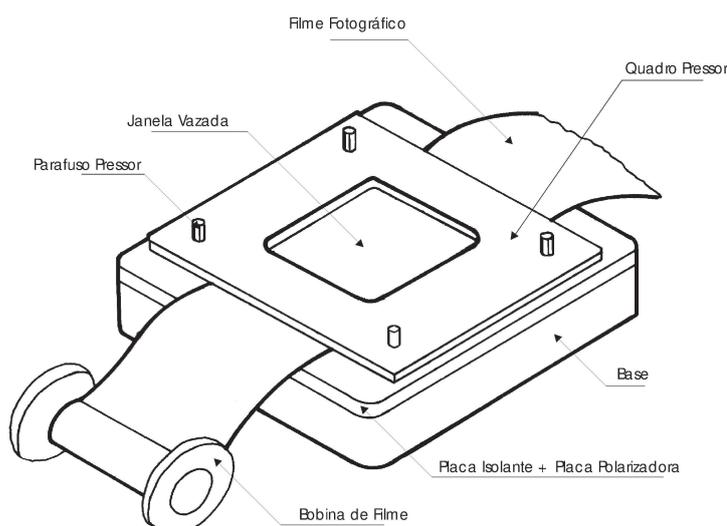


Figura 177 – Quadro compressor montado. Fonte: autoria própria.



Figura 178 - Quadro compressor e parafusos de Poliacetal. Fonte: autoria própria.

A Figura 179 mostra o conjunto descrito anteriormente montado, com o dedo posicionado, tal como deve ser para a realização correta das kirliangrafias.

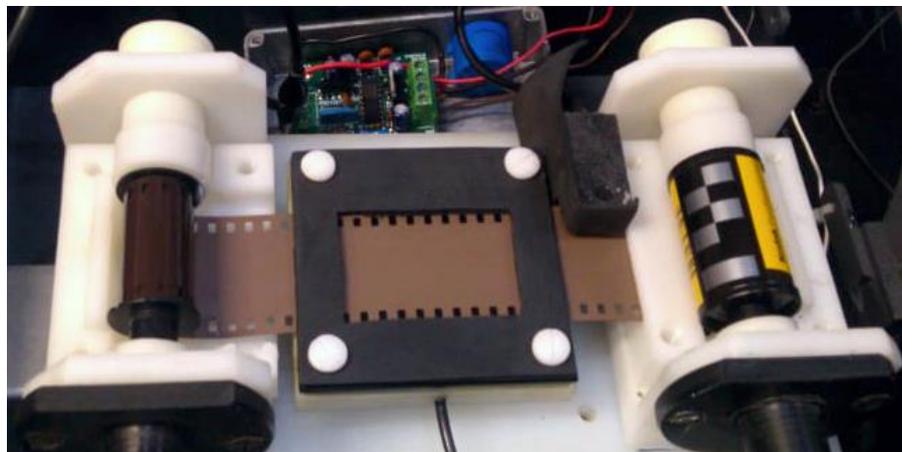
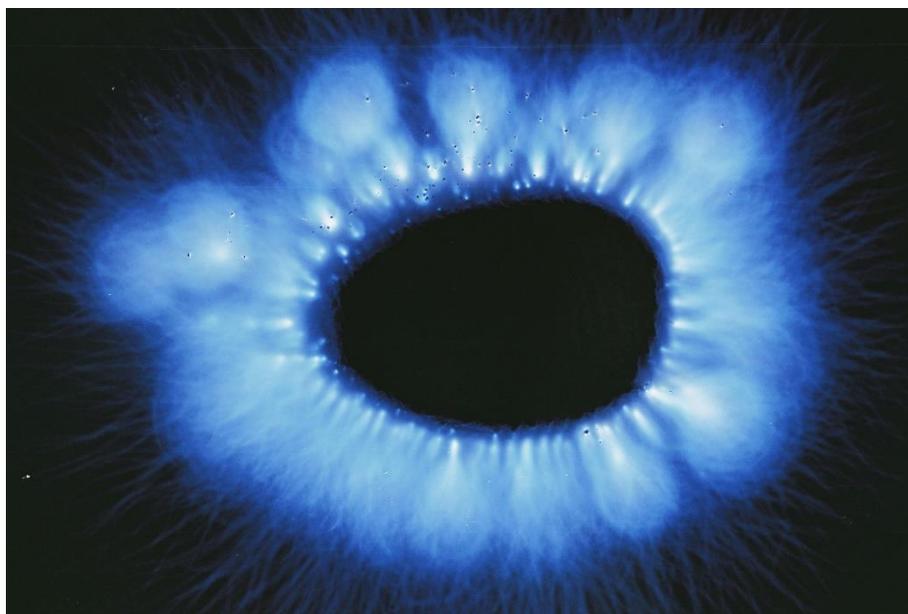
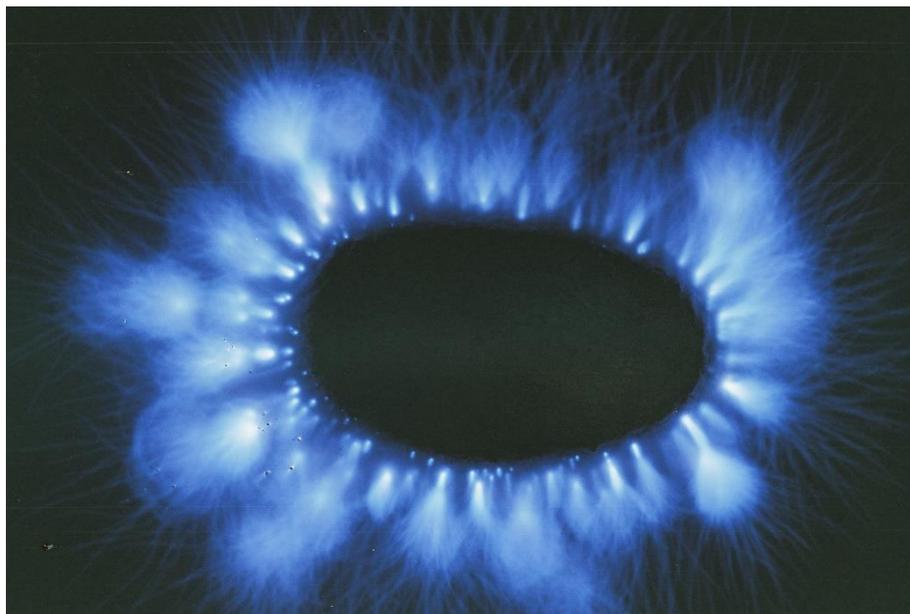


Figura 179 – Foto do quadro compressor montado com o dedo posicionado. Fonte: autoria própria.

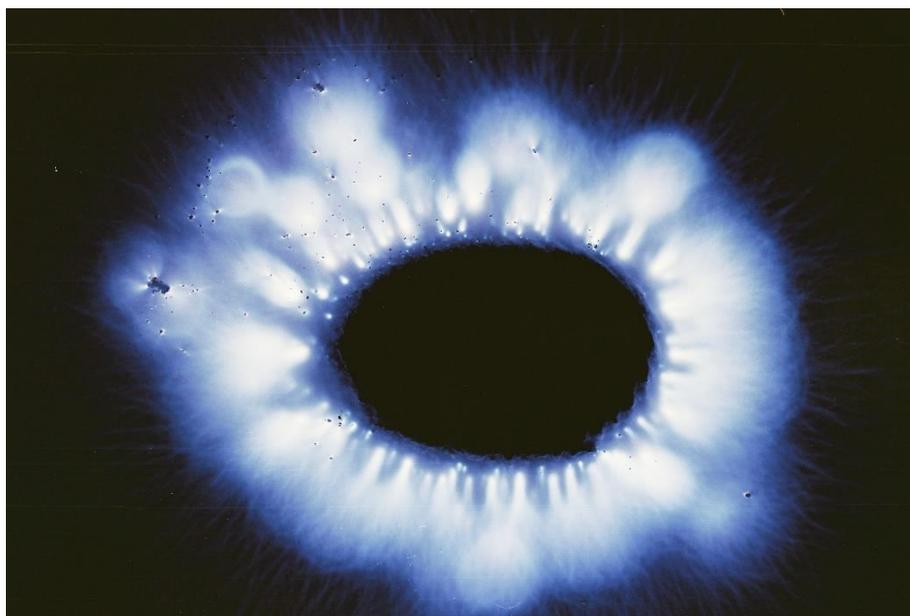
As kirliangrafias resultantes da aplicação do arranjo das Figuras 177, 178 e 179 apresentam-se na cor totalmente azul, vide KG 31, KG 32 e KG 33.



KG 31 – Kirliangrafia obtida com o Dedo *Phantom* e Quadro Compressor aplicado 10 kV - 100 Hz – 0,5 s – Filme Fujifilm C200). Fonte: autoria própria.



KG 32 - Kirliangrafia obtida com o Dedo *Phantom* e Quadro Compressor aplicado 8kV - 100 Hz – 0,5 s – Filme Fujifilm C200. Fonte: autoria própria.



KG 33 - Kirliangrafia obtida com o Dedo *Phantom* e Quadro Compressor aplicado 8kV - 100 Hz – 0,5 s – Filme Fujifilm C200. Fonte: autoria própria.

Observação: as pintas escuras presentes nas Kirliangrafias KGs 30, 31, 32 e 33 são partículas de grafite que se desprenderam do Dedo *Phantom* durante a descarga Corona.

5.6.1 EXPLICAÇÃO PARA A KIRLIANGRAFIA AZUL

Conforme já foi demonstrado, o espectro do Corona apresenta intensa radiação violeta/ultravioleta que, quando adentra o filme pela face frontal, sensibiliza apenas a camada responsável pelo azul, sem atingir as demais camadas inferiores, por ação do filtro que, absorve a radiação Ultravioleta, Violeta e Azul, intercalado pelo fabricante entre a emulsão responsável pelo azul e demais emulsões conforme Figura 180.



Figura 180 – Ação da camada de filtro UV/Azul interno do filme. Fonte: autoria própria.

5.6.2 EXPLICAÇÃO PARA AS CORES MAGENTA/LILÁS/ROSA

As cores magenta/lilás/rosa são resultantes da mistura, em diferentes graus de intensidade, das cores azul, verde e vermelho, decorrentes da ocorrência simultânea de Corona tanto em cima como embaixo do filme fotográfico, vide Figura 181.



RESULTADO

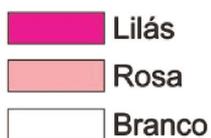


Figura 181 - explicação para o surgimento das Cores magenta/lilás/rosa. Fonte: autoria própria.

6 CONCLUSÕES

Nesta pesquisa, ficou fundamentado e demonstrado experimentalmente que:

1. A característica espectral do Corona, nas mesmas condições técnicas da fotografia Kirlian (Figura 182), é de forte emissão de ultravioleta (UV) na faixa de 400 a 200 nm, com picos relativamente muito fracos na faixa de 600 nm a 750 nm, quando comparados com a intensidade dos picos de UV.

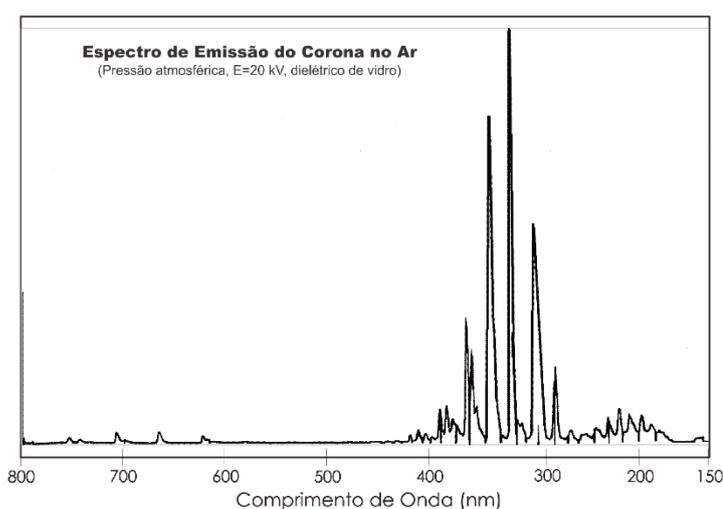
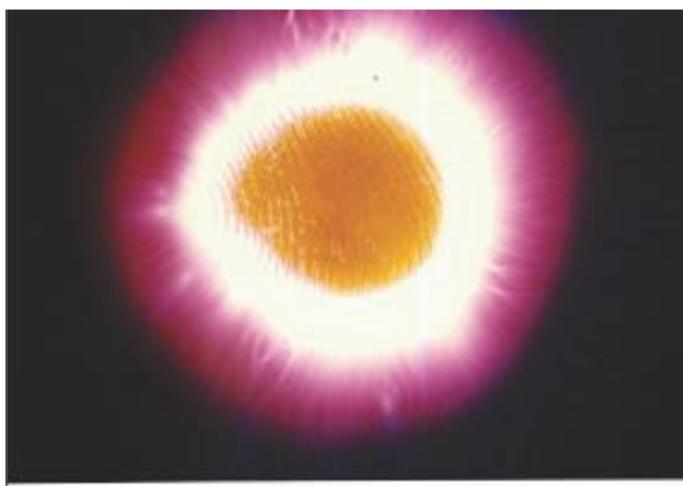


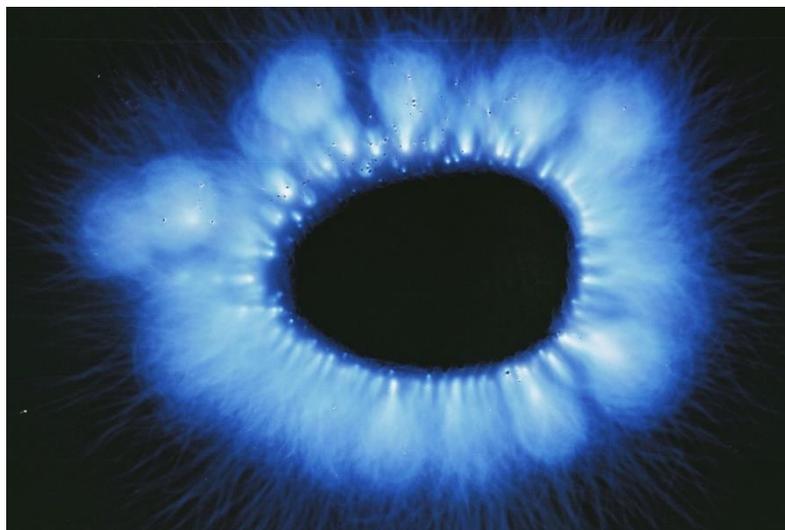
Figura 182 - Espectrofotometria do Corona Kirliangráfico. Fonte: autoria própria.

2. As bolsas de ar embaixo do filme fotográfico, quando ionizadas pela ação da alta tensão, produzem o efeito Corona, que sensibiliza o filme ao contrário e causa severas distorções cromáticas, em especial, o aparecimento de manchas vermelhas, alaranjadas, amarelas e rosas, vide KG 34.



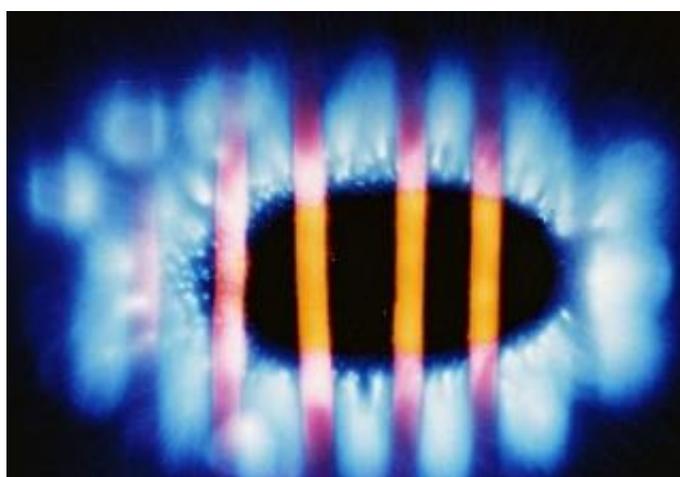
KG 34 – Obtida com máquina Kirlian comercial, na condição de apenas tocar o filme levemente. Fonte: (Picler, Technical Advances in Kirliangraphy, 1990).

3. O Quadro Compressor revelou ser eficiente na tarefa de eliminar as bolsas de ar embaixo do filme e, com isso, as kirliangrafias surgem em coloração totalmente AZUL, portanto o Corona, quando fotografado sem a influência das bolsas de ar embaixo do filme, surge com cor azul intensa, vide KG 35.



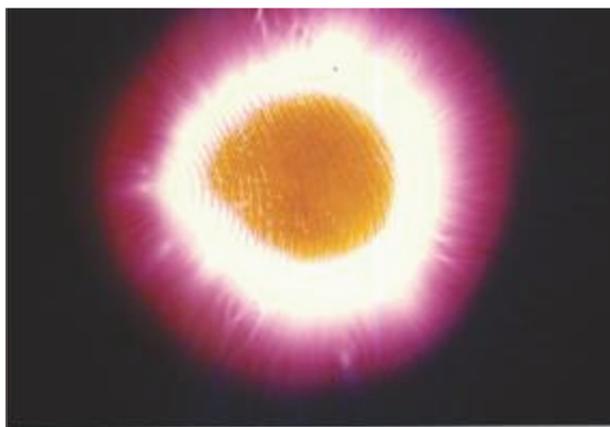
KG 35 – Kirliangrafia obtida com o Dedo *Phantom* e Quadro Compressor aplicado 10 kV - 100 Hz – 0,5 s – Filme Fujifilm C200). Fonte: autoria própria.

4. A estratégia de inserir uma lâmina sulcada ou filetada embaixo do filme demonstrou, de forma irrefutável, que as cores vermelha, laranja, amarela e rosa nas kirliangrafias provêm da ocorrência do Corona em bolsas de ar embaixo do filme fotográfico (KG 36). A cor amarela surge em decorrência da radiação ultravioleta ter saturado a camada responsável pelo vermelho e a radiação excedente ter, também, sensibilizado a camada de verde, como ficou evidenciado nos histogramas de cor das kirliangrafias.

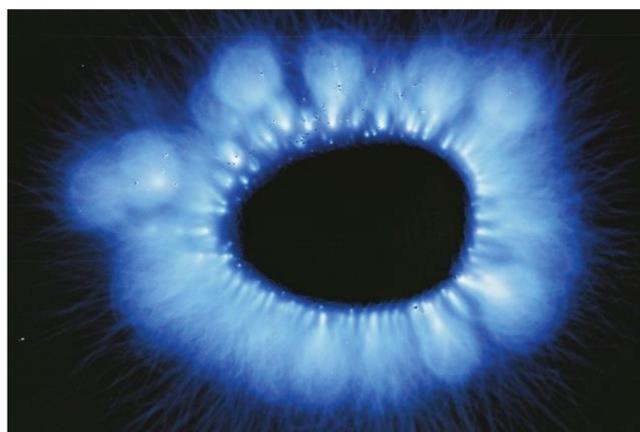


KG 36 – KG obtida com uma lâmina filetada embaixo do filme. Fonte: autoria própria.

5. E, por fim, ficou claramente evidenciado que as cores vermelha, laranja, amarela e rosa das kirliangrafias, obtidas com as condições operacionais descritas (KG 37) advêm de falhas técnicas e suas alterações provêm das constantes mudanças das condições experimentais, por não haver um controle das variáveis intervenientes, em especial, as bolsas de ar embaixo do filme, portanto não podem ser atribuídas às condições psíquicas e biológicas das pessoas que se submetem a essa técnica. As Kirliangrafias obtidas com a eliminação das bolsas de ar embaixo do filme, resultaram em cor completamente azul (KG 38). Assim sendo, o diagnóstico por meio das cores, nas condições descritas, é um lamentável equívoco. Contudo o autor admite que pode haver alguma possibilidade de aplicação dessa técnica, porém apenas com a utilização de equipamentos precisos e delineamentos experimentais adequados e, com mais pesquisas, poderemos responder a essa questão.



KG 37 – Kirliangrafia com Bolsas de ar embaixo do Filme. Fonte: autoria própria.



KG 38 – Kirliangrafia obtida com o Dedo *Phantom* e Quadro Compressor aplicado, portanto, sem a influência das bolsas de ar embaixo do filme. 10 kV - 100 Hz – 0,5 s – Filme Fujifilm C200 – Dedo *Phantom*. Fonte: autoria própria.

7 INDICAÇÕES PARA A CONTINUIDADE DESTA PESQUISA

- a) Aprovar no Comitê de Ética projeto para investigar com pacientes
- b) Mapear os Padrões de Força com o Dactilodinamômetro com dedos humanos
- c) Investigar outros tipos de filmes
- d) Identificar um novo Padrão Kirliangáfico adequado às investigações
- e) Investigar com dedos humanos.
- f) Investigar a técnica GDV com sensores CCDs e CMOS
- g) Desenvolver um espectrofotômetro kirliônico com CCD array
- h) Comparar filmes fotográficos com os diferentes sensores de imagem
- i) Investigar as técnicas comerciais vigentes
- j) Desenvolver um aplicativo para análise das bioeletrografias
- k) Desenvolver de um novo equipamento para kirliangrafia (Bioeletrografia) USB

8 Bibliografia

- FUJIFILM DATA SHEET AF3-008E. (s.d.). *FUJICOLOR SUPERIA 200*. Tokyo - Japan: FUJI PHOTO FILM CO., LTD.
- Advanced Plasma Solutions. (s.d.). *CORONA*. Fonte: PLASMA DISCHARGE: <https://www.advancedplasmasolutions.com/what-is-plasma/plasma-discharges/>
- Alfa Instrumentos. (12 de janeiro de 2019). *Célula de Carga G*. Fonte: <http://www.alfainstrumentos.com.br>: <http://www.alfainstrumentos.com.br/produto/g/>
- Artigas, J. M., Felipe, A., Navea, A., Fandiño, A., & Artigas, C. (june de 2012). Spectral Transmission of the Human Crystalline Lens in Adult and Elderly Persons: Color and Total Transmission of Visible Light. *IOVS - Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 53. doi:10.1167/iovs.12-9471
- Atmospheric Optics. (2019). *Atmospheric Optics*. Fonte: Atmospheric Optics: <https://www.atoptics.co.uk/fz655.htm>
- B., L. L., & KIP, A. F. (1939, March). Electrical discharge in air at atmospheric pressure. *Journal of Applied Physics*. *Journal of Applied Physics*, Vol. 10.
- Bernard Raymond Grad, M. d. (1990). A Role for Quantitative Bio-Electrographic Studies. *The Kirlian Photography Now. The Second International Conference for Medical and Applied Bioelectrography*. London.
- Berzghal, R. M. (5 de fev de 2016). *Opticanet*. Fonte: www.opticanet.com.br: <https://www.opticanet.com.br/secao/columaseartigos/9885/visao-de-cores>
- Bioelectrography, I. -I. (2018). *History of Bioelectrography*. Fonte: <http://www.iuab.org>: <http://www.iuab.org/history-of-bioelectrography/>
- Boyer, D. G., & Tiller, W. A. (1975). *The colors in Kirlian photography- fact or artifact?* Department of Material Science and Engineering of Stanford University.
- Boyer, D. G., & Tiller, W. A. (1976). The colors in Kirlian photography- fact or artifact?. *Functional Photography*, Vol. 1.1, pp.24-27, 38.
- BRASKEM - Boletim Técnico n. 03. (2002). *PROPRIEDADES DE REFERÊNCIA DOS COMPOSTOS DE PVC*. BRASKEN.
- Brusamarello, V. (12 de janeiro de 2019). *Células de Craga*. Fonte: <https://chasqueweb.ufrgs.br>: https://chasqueweb.ufrgs.br/~valner.brusamarello/inst/aula_08.pdf
- BWD. (2019). <http://www.bwdbrand.com>. Fonte: Ignition Coils: <http://www.bwdbrand.com/en/products/ignition-components/>
- C. F. Gallo. (1975). Coronas and Gas Discharges in Electrophotography. (IEEE, Ed.) *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol.IA-13(No. 6), p.739. Retrieved Fevereiro 2018

- Caddock Electronics, Inc. (2017). *Type MG Precision High Voltage Resistors*. Roseburg, Oregon - USA: Caddock Electronics, Inc.
- Cibelle, M. (18 de outubro de 2011). *I Ching - O Livro das Mutações*. Fonte: <http://ichingolivrodasmutacoes.blogspot.com>:
<http://ichingolivrodasmutacoes.blogspot.com/2011/10/do-yin-yang.html>
- Ciência Prima. (2019). Fonte: Bobina de Tesla: http://www.cienciaprimeira.com.br/item_bobina_tesla.html
- Coalition for Plasma Science. (2019). *WHAT IS PLASMA?* Fonte: www.plasmacoalition.org: <https://www.plasmacoalition.org/about-plasma.html>
- Costa, G. a. (January de 1976). Spectral emission of corona discharges. *APPLIED OPTICS*, pp. 76-79.
- Costa/IFI/Unicamp, A. C. (s.d.). *Fontes de luz, detetores e monocromadores*. Campinas. Fonte: <https://sites.ifi.unicamp.br/laboptica/files/2012/12/Fontes-e-monocromadores.pdf>
- Counts, C. K. (2006). *A Designer's Guide to Instrumentation Amplifiers, 3 RD Edition*. USA: Analog Devices Inc.
- DARTNALL, B. J. (1980). VISUAL PIGMENTS OF RODS AND CONES IN A HUMAN RETINA. (T. P. Society, Ed.) *Journal of Physiology*, 298, 501-511. doi:ISSN0022-3751
- DENKENTECH. (02 de dezembro de 2018). *POLIACETAL*. Fonte: <http://denkentech.com.br/>: <http://denkentech.com.br/produtos/poliacetal-pom/>
- Descritores em Ciências da Saúde. (02 de dezembro de 2018). *MICROESPECTROFOTOMETRIA*. Acesso em 02 de dezembro de 2018, disponível em Biblioteca Virtual de Saúde: http://decs.bvs.br/cgi-bin/wxis1660.exe/decserver/?IsisScript=../cgi-bin/decserver/decserver.xis&task=exact_term&previous_page=homepage&interface_language=p&search_language=p&search_exp=Microespectrofotometria
- Eberlein, D. (19 de march de 2008). Applying the Wheatstone Bridge Circuit. *Slides - Applying the Wheatstone Bridge Circuit*. Darmstadt, Darmstadt, Federal Republic of Germany: Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH.
- Ekaterina Yakovleva, K. K. (2013). *Electrophotonic Analysis in Medicine - GDV Bioelectrography Research*. San Petersburg. doi:978-1481832981
- Elmar Uherek, M. L. (20 de 04 de 2004). *Cálculo da relação entre a pressão atmosférica e a altitude, para o ar seco*. Fonte: Environmental Science Published for Everybody Round the Earth: http://klimat.czn.uj.edu.pl/enid/1__Compreender_a_estratosfera/press_o_e_altitude_2nr.html
- Enercon. (2019). *Corona vs. Plasma*. Fonte: www.enerconind.com/plasma-treating: <https://www.enerconind.com/plasma-treating/library/tech-papers-articles/corona-vs-plasma.aspx>

- Estações Meteorológicas do Simepar no Paraná.* (19 de dezembro de 2018). Fonte: <http://www.simepar.br>:
http://www.simepar.br/prognozweb/simepar/dados_estacoes/25264916
- Evangelista, A. W. (2019). *UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS/ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS*. Fonte: Propriedade dos Flúidos: https://www.agro.ufg.br/up/68/o/1.1.2__Propriedades_dos_fluidos.pdf
- F. Grum and L. F. Costa. (1976). Spectral emission of corona discharges, *Applied Optics*. Vol. 15,(issue 1,), pp. pp. 76-79. Acesso em Fevereiro de 2018, disponível em <https://www.osapublishing.org/ao/abstract.cfm?uri=ao-15-1-76>
- Faíscas. (s.d.). *Tubos de descarga com gás à baixa pressão*. Fonte: <http://faiscas.com.br/descarga.html>
- Fletcher, A. E. (1992). *Advanced Organics for Electronic Substrates and Packages*. Oxford-UK: Elsevier Advanced Technology.
- Fluke Corporation. (1997). *FLUKE 80K-40 High Voltage Probe*. Everett, WA - U.S.A.: Fluke Corporation PN 481978.
- Fofana, A. B. (2016). *Discharge in Long Air Gaps. Modelling and applications*. IOP Publishing Ltd. Retrieved Fevereiro 2018, from <http://iopscience.iop.org/book/978-0-7503-1236-3/chapter/bk978-0-7503-1236-3ch2>
- FUJI PHOTO FILM CO., LTD. (s.d.). *COLOR NEGATIVE FILMS - FUJICOLOR SUPERIA*. Tokyo - Japan. doi:Ref. No. AF3-008E (EIGI-98.10-HB•8-3)
- Gammelby, A. E. (1990). Butterfly-Hunters versus Sweepers in Kirlian Photography. *Kirlian Photography Now. The Second International Conference for Medical and Applied Bioelectrography*. London: IUMAB.
- Halin, A. G. (1980). *High Voltage Measurements Techniques*. The University of British Columbia - Department of Electrical Engineering.
- Haslego, C. (08 de Novembro de 2010). Chemistry of Photography. www.cheresources.com. Acesso em 01 de dezembro de 2018, disponível em <http://www.cheresources.com>:
<http://www.cheresources.com/content/articles/other-topics/chemistry-of-photography?pg=1>
- HBM . (2019). Strain Gauges Catalog. *First choice for strain measurements*. Darmstadt, Germany: HBM - Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH.
- Hoffmann, K. (1989). *An Introduction to Measurements using Strain Gages*. Darmstadt, Darmstadt, Federal Republic of Germany: HBM - Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH. Acesso em 12 de janeiro de 2019
- Hoffmann, K. (2001). *Applying Wheatstone Bridge Circuit*. Darmsdadt: Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH.
- IAG - Instituto Astronômico e Geofísico/USP. (2000). Fonte: Investigando a Terra: <http://www.iag.usp.br/siae98/>

- Ida, N. (2015). *Engineering Electromagnetics*. London, UK: Springer. doi:10.1007/978-3-319-07806-9
- IEC 60052. (07 de dezembro de 2002). *VOLTAGE MEASUREMENT BY MEANS OF STANDARD AIR GAPS*. Geneva - Switzerland: IEC- International Electrotechnical Commission. Fonte: <https://www.iec.ch/>
- IF-UFRGS/Filho, K. d. (21 de setembro de 1998). *Fotomultiplicadoras*. Fonte: Fundamentos de Radiodiagnóstico por Imagem: <http://astro.if.ufrgs.br/med/imagens/node17.htm>
- Instituto de Física Gleb Wataghin/Unicamp. (2019). *Introdução à fotografia clássica*. Fonte: Laboratório de Ensino de Óptica: <https://sites.ifi.unicamp.br/laboptica/fotografia-3/introducao-a-fotografia-classica/>
- IUMAB. (2000). International Union of Medical and Applied Bioelectrography I. *Protocolo do V Congresso Mundial da IUMAB*. Curitiba: IUMAB.
- Jonassen, N. (1999). Explosions and ESD. Mr. Static. Retrieved from <http://www.cemag.com/archive/1999/novdec/mrstatic.html>
- Joye, D. (2019). *Forked Lightning Spectra*. Fonte: Atmospheric Optics: <http://www.atoptics.co.uk/fz655.htm>
- Jr., L. C. (03 de fevereiro de 2019). Psicometria. *Refrigeração e Ar-Condicionado*. Ijuí, Rio Grande do Sul, Brasil: UNIJUÍ. Acesso em 2019, disponível em *Refrigeração e Ar-Condicionado*: http://www.refrigeracao.net/Topicos/estudo_psicometria.pdf
- Júlio Grott, H. G. (1987). *Diagnóstico Oncológico Kirliangráfico. Edição Técnico-Científica nº 4 de Out/Dez-87. Hospital das Forças Armadas de Brasília*. Hospital das Forças Armadas de Curitiba. Curitiba: Edição Técnico-Científica nº 4 de Out/Dez-87.
- Júnior, A. F. (maio de 2014). www.jus.com.br. Fonte: Crimes Omissivos: <https://jus.com.br/artigos/28886/dos-crimes-omissivos>
- Kodak. (s.d.). *Silver Halide Emulsions*. (Kodak, Editor, Kodak, Produtor, & Kodak) Acesso em 2018, disponível em [archive.today](http://archive.is/NAyUv): <http://archive.is/NAyUv>
- Konstatin Korotkov, E. Y. (2013). *Electronephotonic Analysis in Medici*. Saint Petersburg: Korotkov Konstantin.
- Korotkov, K. (1998). *Light after Life*. Fair Lawn, NJ 07410 - USA: Backbone Publishing Company.
- Korotkov, K. (2014). *Energy Fields Electrophotonic Analysis in Humans and Nature*. (K. K.-1. 978-1499216264, Ed.) Saint Petersburg, Russia.
- Korotkov, K. (2018). *Bio-Well - Revolutionary Instrument to Reveal Energy Fields of Human and Nature*. Saint-Petersburg - Russia: Bio-Well Company. Fonte: www.bio-well.com

- Kronjäger, J. (30 de dez de 2004). *Measuring high voltages by spark length*. Acesso em 05 de dez de 2018, disponível em www.kronjaeger.com/: <http://www.kronjaeger.com/hv/hv/msr/spk/index.html>
- Laboratório de Alta Tensão - UFCG. (s.d.). *Introdução aos estudos de descargas em gases*. Campina Grande - Paraíba: Centro de Engenharia Elétrica e Informática - Universidade Federal de Campina Grande.
- LEGER Tratamento de Suor Excessivo. (2019). *Suor Excessivo nas Mãos*. Fonte: tratamentosuorexcessivo.com.br: <http://tratamentosuorexcessivo.com.br/suor-excessivo-nas-maos.php>
- LEITE, D. M., & LEITE, C. M. (1993). *Proteção contra descargas atmosféricas*. São Paulo: MM.
- Loeb, L. B. (1965). *Electrical Coronas, Their Basic Physical Mechanisms*. Berkeley, California , USA: University of California Press.
- Lucas, J. R. (2001). *High Voltage Engineering* .
- LUMIINNOVATIONS. (16 de fevereiro de 2019). *Scanner Digital Conversor Filme 35mm Negativos E Slides*. Fonte: Mercado Livre: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1164762664-scanner-digital-conversor-filme-35mm-negativos-e-slides-_JM
- Macedo, N. (2019). *Teoria e Prática: Como funciona a câmera 2 – ISO e sensibilidade*. Fonte: AF - Aprenda Fotografia: <https://aprendafotografia.org/como-funciona-iso-sensibilidade/>
- Metrologia UFPR. (2015). <http://www.metrologia.ufpr.br>. Fonte: <http://www.metrologia.ufpr.br/pdfs/SM1/4.Aula4-SM1-2015.2.-.Strain.Gage.pdf>
- Milhomens, N. (1988). *Fotos Kirlian: Como Interpretar*. São Paulo: IBRASA.
- mnemo. (26 de abril de 2009). *A Emulsão Fotográfica - Os filmes*. Fonte: [mnemocine](http://www.mnemocine.com.br/index.php/2017-03-19-18-18-02/tecnica-fotografica/173-filmes): <http://www.mnemocine.com.br/index.php/2017-03-19-18-18-02/tecnica-fotografica/173-filmes>
- Nave, C. R. (2016). *HyperPhysics - George State Univerity*. Fonte: HyperPhysics: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/igcoil.html>
- Nemţoi, C. U. (08 de outubro de 2014). Peak Voltage Measurements Using Standard Sphere Gap Method. (J. R. Piqueira, Ed.) *Advances in Electrical Engineering, Volume 2014, Article ID 980913, 5 pages*. Acesso em 05 de dezembro de 2018, disponível em <http://dx.doi.org/10.1155/2014/980913>
- Newport. (2018). *Oriel 1/8m Hand Operated Monochromator*. Newport/Oriel, High Resolution Monochromators. Fonte: https://www.newport.com/f/oriel-1_8m-hand-operated-monochromator
- Newport/Oriel. (2019). *Photomultiplier Tube*. Fonte: Model 77360: <https://www.newport.com/p/77360>
- Nikolay, K. (2015). *Kirlian Photography V. 4.0*. Moscow.

- Pedott, A. (2012). *METROLOGIA E ENSAIOS*. Fonte: Incerteza de Medição.
- Pereira, F. (2018). *Transtorno de Transe e Possessão*. Fonte: <http://www.psicologia10.com.br>:
<http://www.psicologia10.com.br/artigos/transtorno-de-transe-e-possessao/>
- Picler, W. (1990). Technical Advances in Kirliangraphy. In I. U. Bioelectrography (Ed.), *Kirlian Photography Now. The Second International Conference for Medical and Applied Bioelectrography*. London.
- Picler, W. (1999). Science, Information and Spirit. *Kirliconic Corona Spectrum*. Saint Petersburg: Federal technical University SPIFMO.
- Plastireal Indústria e Comércio de Plásticos Ltda. (2018). ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO POLIACETAL-POM. Canindé - São Paulo.
- RENESAS/Intersil. (2010). *ICL7660, ICL7660A - CMOS Voltage Converters*. RENESAS.
- Revista Planeta n. 111. (dezembro de 1981). Efeito Kirlian. *Aprenda a Construir seu Aparelho Kirlian*. São Paulo, Brasil: Editora Três.
- Robert Bosch Ltda. (2016). *Bobinas de Ignição*. Fonte: www.bosch.com.br:
http://br.bosch-automotive.com/media/parts/download_2/ignicao/5363_BR_Catalogo_Bobinas_2016_v6.pdf
- Rocha, J. C. (2019). *COR LUZ, COR PIGMENTO E OS SISTEMAS RGB E CMY*. Fonte: www.belasartes.br:
<http://www.belasartes.br/revistabelasartes/downloads/artigos/3/cor-luz-cor-pigmento-e-os-sistemas-rgb-e-cmy.pdf>
- Shimidt, W. (1979). *Materias Elétricos, v:2, isolante e magnéticos*. São Paulo: Edgar Blücher,.
- Significados. (2019). *Significado de Plasma*. Fonte: www.significados.com.br:
www.significados.com.br/plasma/
- Silveira, F. L.-U. (3 de outubro de 2018). *Determinando a umidade absoluta do ar a partir da umidade relativa*. (F. L. Silveira/IF-UFRGS, Editor, F. L. Silveira/IF-UFRGS, Produtor, & Universidade Federal do Rio Grande do Sul) doi: 10.13140/RG.2.2.20604.59523
- Souza, E. B. (19 de dezembro de 2018). *Glândulas Sudoríparas*. Fonte: todabiologia.com:
https://www.todabiologia.com/anatomia/glandulas_sudoriparas.htm
- STANDARD. (03 de dezembro de 2018). www.standardbrand.com. Fonte: STANDARD: <http://www.standardbrand.com/en/products/ignition-components/>
- Suba, R. (1977). *An Analysis of Kirlian Electrophotography*. College of Grafic Arts and Photography , School of Photographic Science and Instrumentation in the College. Rochester Institute of Technology. Acesso em 28 de 11 de 2018, disponível em

<https://scholarworks.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com.br/&httpsredir=1&article=7747&context=theses>

Tao Shao, V. F. (25 de novembro de 2011). Runaway electrons and x-rays from a corona discharge in atmospheric pressure air. *New Journal of Physics*, 20. doi:doi:10.1088/1367-2630/13/11/113035

Telescope Optics. (june de 2015). *www.telescope-optics.net*. Fonte: https://www.telescope-optics.net/eye_spectral_response.htm

The Physics Hypertextbook. (s.d.). *Density*. Fonte: <https://physics.info/density/>

UCSB - Physics. (2019). *The Troposphere*. Fonte: Earth's Atmosphere: <https://web.physics.ucsb.edu/~lgrace/chem123/troposphere.htm>

VEDAX. (01 de dezembro de 2018). Acesso em 01 de dezembro de 2018, disponível em www.vedax.com.br: <http://www.vedax.com.br/index.php?item=51>

Vetaphone Corona & Plasma. (2019). *Corona and Plasma*. Fonte: Corona Treatment: <http://www.vetaphone.com/technology/corona-treatment/>

Villanova University from the department of Electrical and Computer Engineering. (2002). *Corona Phone*. Retrieved from <https://web.archive.org/web/20050305162114/http://www.ee.vill.edu:80/ion/index.html>

Wikimedia Commons. (2019). Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/Commons:Welcome>

Wikipedia. (01 de dezembro de 2018). *Revelação fotográfica*. Fonte: Revelação fotográfica: https://pt.wikipedia.org/wiki/Revela%C3%A7%C3%A3o_fotogr%C3%A1fica

www.amara.org (Produtor), & Univerity (Diretor). (2011). *Mercury Barometer* [Filme Cinematográfico]. Fonte: <http://amara.org/v/GAiM/>

www.kitest.com.br. (18 de agosto de 2008). *Tabela de Compressão de Cilindro*. Acesso em 15 de dezembro de 2018, disponível em www.kitest.com.br: <http://kitest.com.br/pdf/tabelas/tabela-compressao-cilindro-basica.pdf>

9 ANEXOS

9.1 PUBLICAÇÕES DESTA PESQUISA



Figura 183 – Publicação e apresentação pessoal em inglês, na Inglaterra, em 1990.

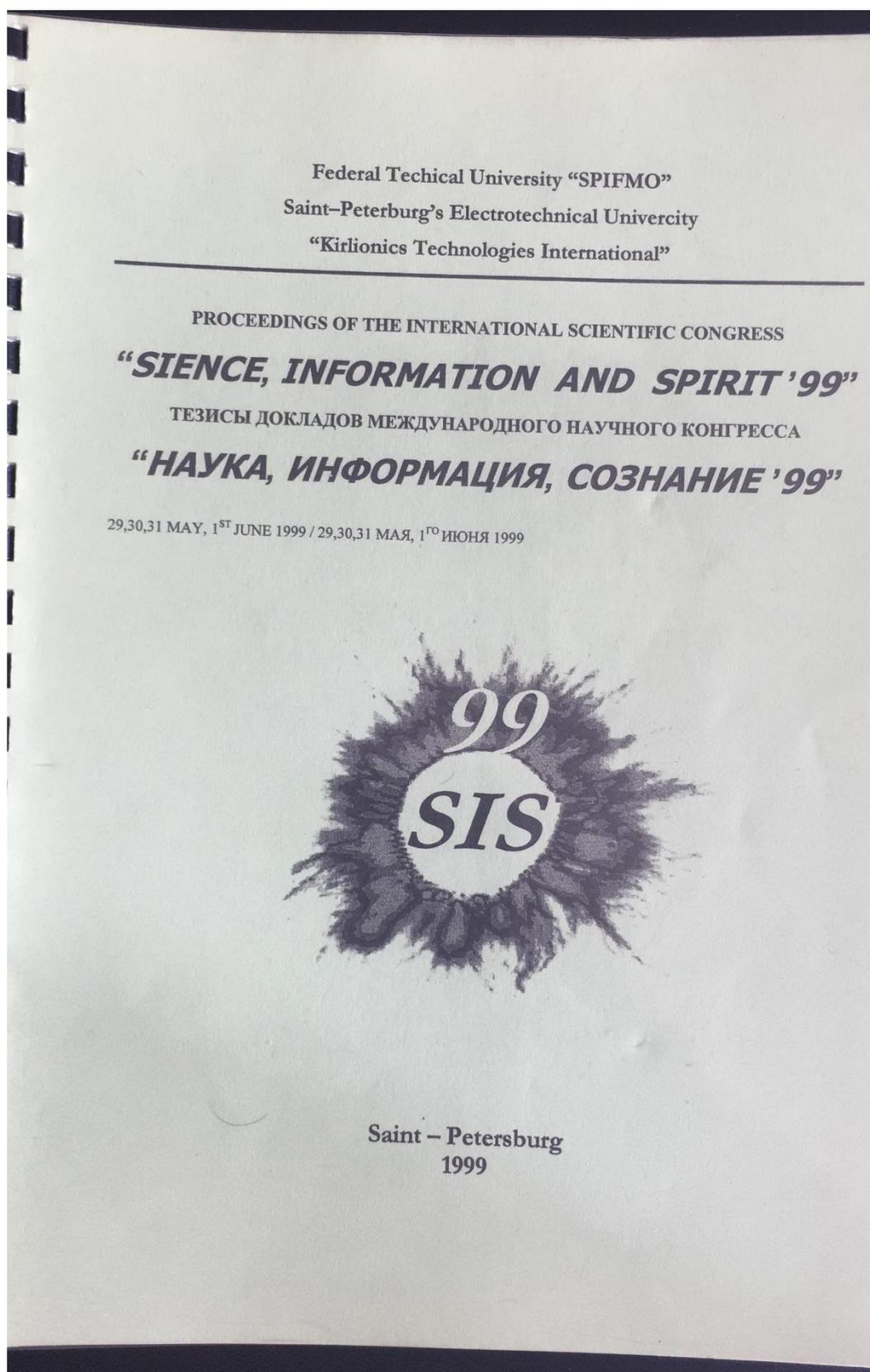


Figura 184 – Publicação e apresentação pessoal em inglês, no Congresso Internacional Science, Information and Spirit 99, ocorrido em São Petersburgo, Rússia, 1999.



Figura 185 – Certificado de participação no Congresso Internacional Science, Information and Spirit 99, ocorrido em São Petersburgo, Rússia, 1999.

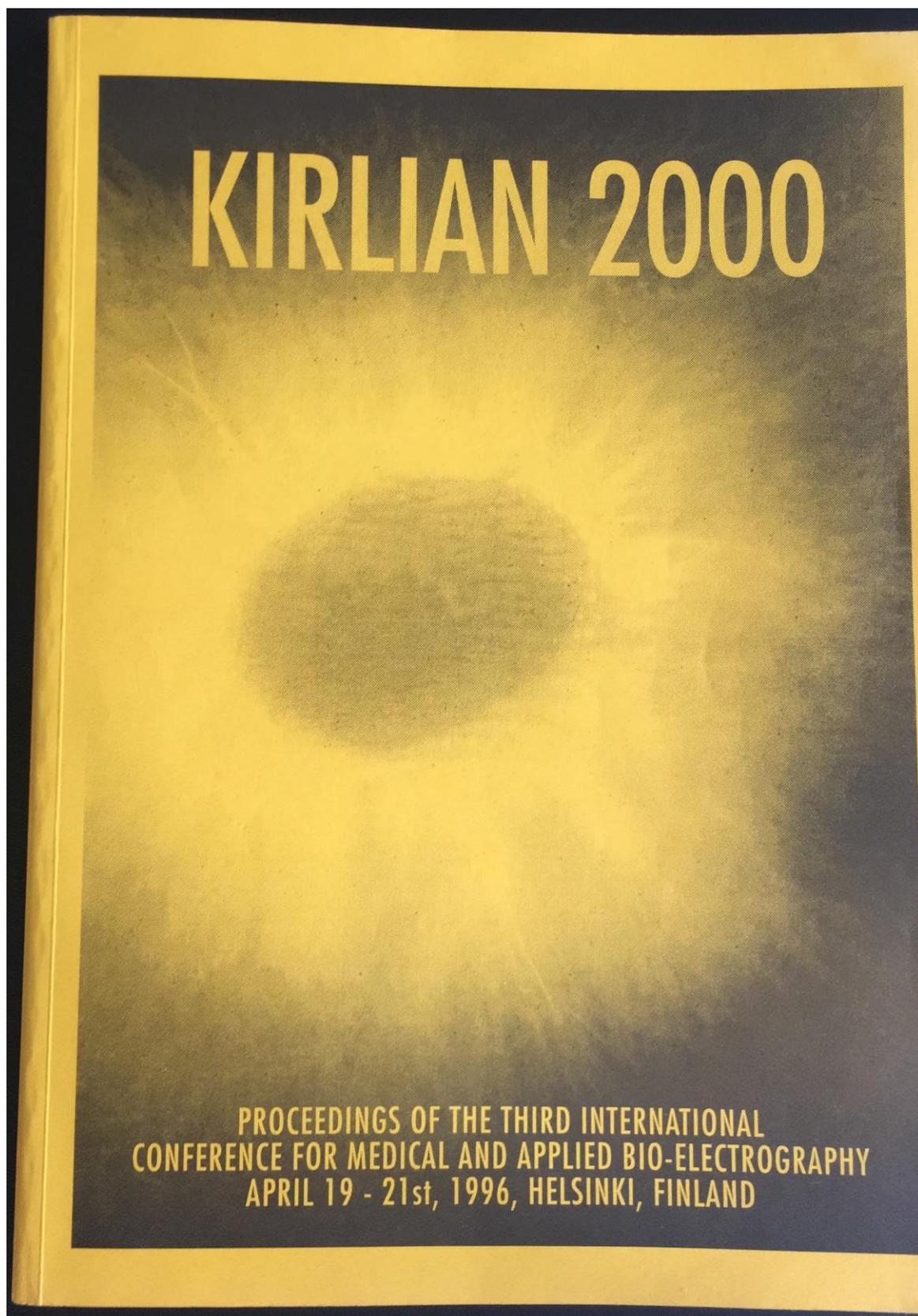


Figura 186 – Publicação de *abstract* no Congresso Kirlian 2000, Finlândia – 1996.

9.2 TABELAS DE ENSAIOS COM O ESPINTERÔMETRO

A Tabela 37 exhibe os resultados da simulação da influência de diferentes extremos de condições atmosféricas nas medidas de MA com o espinterômetro, considerando as correções atmosféricas propostas na IEC60052. Neste ensaio, foram testados os extremos climáticos comumente encontrados no Brasil, com o intuito de se verificar a influência de cada parâmetro atmosférico isoladamente. Constata-se, dessa forma, que o parâmetro que mais afeta a medida de alta tensão com esferas é a pressão atmosférica, tendo resultado em uma correção de -10,9% para uma pressão de 900 hPa, comum em Curitiba-PR. A temperatura de 5º C (inverno no sul do Brasil) resultou em uma correção +5,5% e umidade relativa de 95%, dia com garoa resultou em uma correção de + 1,59%. Para esta simulação, adotou-se o valor dos ensaios para uma descarga capacitiva de 120V.

Tabela 37 - Influência das condições atmosféricas nas medidas c/ espinterômetro. Fonte: autoria própria.

ENTRADA DE DADOS			PSICROMETRIA				CALCULADORA DE ALTA TENSÃO (E _{kV}) ESFERAS C/ D=2,0 cm									
Data 19/12/18			$UA = UR .1330 \frac{e^{\frac{17,62 T}{T+243,12}}}{(T+273,16)}$				(Referenciado na IEC60052)					Elaboração: Wilson Picler 06/12/2018 Uninter/Unicamp				
Local:							Válido p/ esferas de 20 mm e para d maior que 0,05 cm e menor que 1 cm									
Altitude	924,3	m	DADO	DADO	DADO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	DADO	DADO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO
Hora	Tensão de Carga do Capacitor V C (V)	Distância entre as esferas d (mm)	Pressão atmosférica P (hPa)	Temp. ambiente T (°C)	Umidade Relativa do Ar UR %	Umidade Absoluta UA (g/m ³)	d (cm)	E (kV)	Rigidez Dielétrica (kV/cm)	Pressão (hPa)	Temp. (°C)	δ	Umidade Absoluta (g/m ³)	k	E _{corrigido} (kV)	Correção (%)
23:40	120	3,2	900	20	50%	8,66	0,32	11,83	36,97	900	20,00	0,8885	8,66	1,0025	10,54	-10,9%
23:40	120	3,2	1013	20	50%	8,66	0,32	11,83	36,97	1013	20,00	1,0000	8,66	1,0003	11,83	0,0%
23:42	120	3,2	1020	20	50%	8,66	0,32	11,83	36,97	1020	20,00	1,0069	8,66	1,0002	11,91	0,7%
23:42	120	3,2	1025	5	50%	3,41	0,32	11,83	36,97	1025	5,00	1,0664	3,41	0,9894	12,48	5,5%
23:42	120	3,2	1013	20	50%	8,66	0,32	11,83	36,97	1013	20,00	1,0000	8,66	1,0003	11,83	0,0%
23:45	120	3,2	1013	45	50%	32,76	0,32	11,83	36,97	1013	45,00	0,9214	32,76	1,0541	11,49	-2,9%
23:45	120	3,2	1013	20	15%	2,60	0,32	11,83	36,97	1013	20,00	1,0000	2,60	0,9882	11,69	-1,18%
23:47	120	3,2	1013	20	50%	8,66	0,32	11,83	36,97	1013	20,00	1,0000	8,66	1,0003	11,83	0,03%
23:48	120	3,2	1013	20	95%	16,45	0,32	11,83	36,97	1013	20,00	1,0000	16,45	1,0159	12,02	1,59%

Uma vez familiar com a influência das condições atmosféricas nas medidas com o espinterômetro, efetuaram-se 5 medidas em momentos diferentes para cada valor de descarga capacitiva, como seguem (Tabelas 37, 38, 39, 40 e 41):

Tabela 38 – 1ª sequência de medidas com diferentes valores de descarga capacitiva. Fonte: autoria própria.

ENTRADA DE DADOS			PSICROMETRIA				CALCULADORA DE ALTA TENSÃO (E_{kv}) ESFERAS C/ D=2,0 cm									
Data 19/12/18			$UA = UR \cdot 1330 \frac{e^{\frac{17,62 T}{T+243,12}}}{(T+273,16)}$				(Referenciado na IEC60052)					Elaboração: Wilson Picler 06/12/2018 Uninter/Unicamp				
Local:							Válido p/ esferas de 20 mm e para d maior que 0,05 cm e menor que 1 cm									
Altitude	924,3	m	DADO	DADO	DADO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	DADO	DADO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO
Hora	Tensão de Carga do Capacitor V C (V)	Distância entre as esferas d (mm)	Pressão atmosférica P (hPa)	Temp. ambiente T (°C)	Umidade Relativa do Ar UR %	Umidade Absoluta UA (g/m ³)	d (cm)	E (kV)	Rigidez Dielétrica (kV/cm)	Pressão (hPa)	Temp. (°C)	δ	Umidade Absoluta (g/m ³)	k	$E_{\text{corrigido}}$ (kV)	Correção (%)
22:02	30	0,74	905	28,4	65%	18,10	0,074	3,73	50,44	905	28,40	0,8685	18,10	1,0247	3,32	-11,0%
22:03	40	1,13	905	28,4	65%	18,10	0,113	5,14	45,44	905	28,40	0,8685	18,10	1,0247	4,57	-11,0%
22:03	50	1,35	905	28,4	65%	18,10	0,135	5,89	43,62	905	28,40	0,8685	18,10	1,0247	5,24	-11,0%
22:05	60	1,84	905	28,4	65%	18,10	0,184	7,51	40,79	905	28,40	0,8685	18,10	1,0247	6,68	-11,0%
22:07	70	2,15	905	28,4	65%	18,10	0,215	8,50	39,55	905	28,40	0,8685	18,10	1,0247	7,57	-11,0%
22:07	80	2,34	905	28,4	65%	18,10	0,234	9,11	38,93	905	28,40	0,8685	18,10	1,0247	8,11	-11,0%
22:07	90	2,54	905	28,4	65%	18,10	0,254	9,74	38,36	905	28,40	0,8685	18,10	1,0247	8,67	-11,0%
22:08	100	2,67	905	28,4	65%	18,10	0,267	10,16	38,04	905	28,40	0,8685	18,10	1,0247	9,04	-11,0%
22:08	110	3,23	905	28,4	65%	18,10	0,323	11,93	36,92	905	28,40	0,8685	18,10	1,0247	10,61	-11,0%
22:08	120	3,38	905	28,4	65%	18,10	0,338	12,40	36,68	905	28,40	0,8685	18,10	1,0247	11,03	-11,0%
22:10	130	3,61	905	28,4	65%	18,10	0,361	13,12	36,35	905	28,40	0,8685	18,10	1,0247	11,68	-11,0%
22:10	140	4,11	905	28,4	65%	18,10	0,411	14,69	35,75	905	28,40	0,8685	18,10	1,0247	13,08	-11,0%

Tabela 39 – 2ª sequência de medidas com diferentes valores de descarga capacitiva. Fonte: autoria própria.

ENTRADA DE DADOS			PSICROMETRIA				CALCULADORA DE ALTA TENSÃO (E_{kV}) ESFERAS C/ D=2,0 cm									
Data 19/12/18			$UA = UR \cdot 1330 \frac{e^{\frac{17,62 T}{T+243,12}}}{(T+273,16)}$				(Referenciado na IEC60052)					Elaboração: Wilson Picler 06/12/2018 Uninter/Unicamp				
Local:							Válido p/ esferas de 20 mm e para d maior que 0,05 cm e menor que 1 cm									
Altitude	924,3	m	DADO	DADO	DADO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	DADO	DADO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO
Hora	Tensão de Carga do Capacitor V C (V)	Distância entre as esferas d (mm)	Pressão atmosférica P (hPa)	Temp. ambiente T (°C)	Umidade Relativa do Ar UR %	Umidade Absoluta UA (g/m ³)	d (cm)	E (kV)	Rigidez Dielétrica (kV/cm)	Pressão (hPa)	Temp. (°C)	δ	Umidade Absoluta (g/m ³)	k	$E_{\text{corrigido}}$ (kV)	Correção (%)
22:25	30	0,73	905,8	28,4	65%	18,22	0,073	3,70	50,62	905,8	28,40	0,8693	18,22	1,0249	3,29	-10,9%
22:25	40	1,15	905,8	28,4	65%	18,10	0,115	5,20	45,26	905,8	28,40	0,8693	18,10	1,0247	4,64	-10,9%
22:26	50	1,62	905,8	28,4	65%	17,99	0,162	6,79	41,90	905,8	28,40	0,8693	17,99	1,0244	6,04	-11,0%
22:26	60	1,88	905,8	28,4	65%	18,10	0,188	7,64	40,61	905,8	28,40	0,8693	18,10	1,0247	6,80	-10,9%
22:26	70	2,12	905,8	28,4	65%	18,22	0,212	8,41	39,66	905,8	28,40	0,8693	18,22	1,0249	7,49	-10,9%
22:26	80	2,26	905,8	28,4	65%	18,10	0,226	8,85	39,18	905,8	28,40	0,8693	18,10	1,0247	7,89	-10,9%
22:27	90	2,48	905,8	28,4	65%	18,10	0,248	9,55	38,52	905,8	28,40	0,8693	18,10	1,0247	8,51	-10,9%
22:28	100	2,57	905,8	28,4	65%	18,10	0,257	9,84	38,28	905,8	28,40	0,8693	18,10	1,0247	8,76	-10,9%
22:28	110	2,94	905,8	28,4	65%	18,10	0,294	11,01	37,45	905,8	28,40	0,8693	18,10	1,0247	9,81	-10,9%
22:28	120	3,35	905,8	28,4	65%	18,10	0,335	12,30	36,73	905,8	28,40	0,8693	18,10	1,0247	10,96	-10,9%
22:30	130	3,7	905,8	28,4	65%	18,10	0,37	13,41	36,23	905,8	28,40	0,8693	18,10	1,0247	11,94	-10,9%
22:30	140	3,97	905,8	28,4	66%	18,38	0,397	14,25	35,91	905,8	28,40	0,8693	18,38	1,0253	12,70	-10,9%

Tabela 40 – 3ª sequência de medidas com diferentes valores de descarga capacitiva. Fonte: autoria própria.

ENTRADA DE DADOS			PSICROMETRIA				CALCULADORA DE ALTA TENSÃO (E_{kv}) ESFERAS C/ D=2,0 cm									
Data 19/12/18			$UA = UR \cdot 1330 \frac{e^{\frac{17,62 T}{T+243,12}}}{(T+273,16)}$				(Referenciado na IEC60052)				Elaboração: Wilson Picler 06/12/2018 Uninter/Unicamp					
Local:							Válido p/ esferas de 20 mm e para d maior que 0,05 cm e menor que 1 cm									
Altitude	924,3	m	DADO	DADO	DADO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	DADO	DADO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO
Hora	Tensão de Carga do Capacitor V C (V)	Distância entre as esferas d (mm)	Pressão atmosférica P (hPa)	Temp. ambiente T (°C)	Umidade Relativa do Ar UR %	Umidade Absoluta UA (g/m ³)	d (cm)	E (kV)	Rigidez Dielétrica (kV/cm)	Pressão (hPa)	Temp. (°C)	δ	Umidade Absoluta (g/m ³)	k	$E_{\text{corrigido}}$ (kV)	Correção (%)
22:34	30	0,77	906	28,2	66%	18,18	0,077	3,84	49,92	906	28,20	0,8700	18,18	1,0248	3,43	-10,8%
22:35	40	1,11	906	28,2	66%	18,18	0,111	5,07	45,64	906	28,20	0,8700	18,18	1,0248	4,52	-10,8%
22:35	50	1,5	906	28,2	66%	18,18	0,15	6,39	42,61	906	28,20	0,8700	18,18	1,0248	5,70	-10,8%
22:37	60	1,82	906	28,2	66%	18,18	0,182	7,44	40,89	906	28,20	0,8700	18,18	1,0248	6,63	-10,8%
22:37	70	2,05	906	28,2	66%	18,18	0,205	8,18	39,92	906	28,20	0,8700	18,18	1,0248	7,30	-10,8%
22:37	80	2,2	906	28,2	66%	18,18	0,22	8,66	39,38	906	28,20	0,8700	18,18	1,0248	7,72	-10,8%
22:38	90	2,52	906	28,2	66%	18,18	0,252	9,68	38,41	906	28,20	0,8700	18,18	1,0248	8,63	-10,8%
22:38	100	2,62	906	28,2	66%	18,18	0,262	10,00	38,16	906	28,20	0,8700	18,18	1,0248	8,91	-10,8%
22:38	110	2,9	906	28,2	66%	18,18	0,29	10,88	37,53	906	28,20	0,8700	18,18	1,0248	9,70	-10,8%
22:38	120	3,32	906	28,2	66%	18,18	0,332	12,21	36,77	906	28,20	0,8700	18,18	1,0248	10,89	-10,8%
22:40	130	3,65	906	28,2	66%	18,18	0,365	13,25	36,30	906	28,20	0,8700	18,18	1,0248	11,81	-10,8%
22:40	140	4,05	906	28,2	66%	18,18	0,405	14,51	35,82	906	28,20	0,8700	18,18	1,0248	12,93	-10,8%

Tabela 41 – 4ª sequência de medidas com diferentes valores de descarga capacitiva. Fonte: autoria própria.

ENTRADA DE DADOS			PSICROMETRIA				CALCULADORA DE ALTA TENSÃO (E_{kv}) ESFERAS C/ D=2,0 cm									
Data 19/12/18			$UA = UR \cdot 1330 \frac{e^{\frac{17,62 T}{T+243,12}}}{(T+273,16)}$				(Referenciado na IEC60052)				Elaboração: Wilson Picler 06/12/2018 Uninter/Unicamp					
Local:							Válido p/ esferas de 20 mm e para d maior que 0,05 cm e menor que 1 cm									
Altitude	924,3	m	DADO	DADO	DADO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	DADO	DADO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO
Hora	Tensão de Carga do Capacitor V C (V)	Distância entre as esferas d (mm)	Pressão atmosférica P (hPa)	Temp. ambiente T (°C)	Umidade Relativa do Ar UR %	Umidade Absoluta UA (g/m ³)	d (cm)	E (kV)	Rigidez Dielétrica (kV/cm)	Pressão (hPa)	Temp. (°C)	δ	Umidade Absoluta (g/m ³)	k	$E_{\text{corrigido}}$ (kV)	Correção (%)
23:12	30	0,68	906,6	28	67%	18,26	0,068	3,51	51,57	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	3,13	-10,7%
23:12	40	1,12	906,6	28	67%	18,26	0,112	5,10	45,54	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	4,55	-10,7%
23:12	50	1,52	906,6	28	67%	18,26	0,152	6,46	42,48	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	5,77	-10,7%
23:13	60	1,85	906,6	28	67%	18,26	0,185	7,54	40,75	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	6,73	-10,7%
23:13	70	2,03	906,6	28	67%	18,26	0,203	8,12	39,99	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	7,25	-10,7%
23:13	80	2,21	906,6	28	67%	18,26	0,221	8,69	39,34	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	7,76	-10,7%
23:13	90	2,48	906,6	28	67%	18,26	0,248	9,55	38,52	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	8,53	-10,7%
23:14	100	2,57	906,6	28	67%	18,26	0,257	9,84	38,28	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	8,78	-10,7%
23:15	110	2,88	906,6	28	67%	18,26	0,288	10,82	37,57	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	9,66	-10,7%
23:15	120	3,41	906,6	28	67%	18,26	0,341	12,49	36,64	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	11,15	-10,7%
23:16	130	3,69	906,6	28	67%	18,26	0,369	13,38	36,25	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	11,94	-10,7%
23:16	140	4	906,6	28	67%	18,26	0,4	14,35	35,87	906,6	28,00	0,8712	18,26	1,0249	12,81	-10,7%

Tabela 42 – 5ª sequência de medidas com diferentes valores de descarga capacitiva. Fonte: autoria própria.

ENTRADA DE DADOS			PSICROMETRIA				CALCULADORA DE ALTA TENSÃO (E_{kv}) ESFERAS C/ D=2,0 cm									
Data 19/12/18			$UA = UR \cdot 1330 \frac{e^{\frac{17,62 T}{T+243,12}}}{(T+273,16)}$				(Referenciado na IEC60052)				Elaboração: Wilson Picler 06/12/2018 Uninter/Unicamp					
Local:							Válido p/ esferas de 20 mm e para d maior que 0,05 cm e menor que 1 cm									
Altitude	924,3	m	DADO	DADO	DADO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	DADO	DADO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO	CÁLCULO
Hora	Tensão de Carga do Capacitor V C (V)	Distância entre as esferas d (mm)	Pressão atmosférica P (hPa)	Temp. ambiente T (°C)	Umidade Relativa do Ar UR %	Umidade Absoluta UA (g/m ³)	d (cm)	E (kV)	Rigidez Dielétrica (kV/cm)	Pressão (hPa)	Temp. (°C)	δ	Umidade Absoluta (g/m ³)	k	$E_{\text{corrigido}}$ (kV)	Correção (%)
23:40	30	0,75	906,8	27,8	67%	18,06	0,075	3,77	50,26	906,8	27,80	0,8720	18,06	1,0244	3,37	-10,7%
23:40	40	1,22	906,8	27,8	67%	18,06	0,122	5,45	44,64	906,8	27,80	0,8720	18,06	1,0244	4,86	-10,7%
23:42	50	1,48	906,8	27,8	67%	18,06	0,148	6,32	42,73	906,8	27,80	0,8720	18,06	1,0244	5,65	-10,7%
23:42	60	1,78	906,8	27,8	67%	18,06	0,178	7,31	41,07	906,8	27,80	0,8720	18,06	1,0244	6,53	-10,7%
23:42	70	1,98	906,8	27,8	67%	18,06	0,198	7,96	40,19	906,8	27,80	0,8720	18,06	1,0244	7,11	-10,7%
23:45	80	2,32	906,8	27,8	67%	18,06	0,232	9,05	38,99	906,8	27,80	0,8720	18,06	1,0244	8,08	-10,7%
23:45	90	2,52	906,8	27,8	67%	18,06	0,252	9,68	38,41	906,8	27,80	0,8720	18,06	1,0244	8,65	-10,7%
23:47	100	2,58	907	27,8	67%	18,06	0,258	9,87	38,26	907	27,80	0,8721	18,06	1,0244	8,82	-10,7%
23:48	110	2,88	907	27,8	67%	18,06	0,288	10,82	37,57	907	27,80	0,8721	18,06	1,0244	9,67	-10,7%
23:50	120	3,2	907	27,8	67%	18,06	0,32	11,83	36,97	907	27,80	0,8721	18,06	1,0244	10,57	-10,7%
23:50	130	3,7	907	27,8	67%	18,06	0,37	13,41	36,23	907	27,80	0,8721	18,06	1,0244	11,98	-10,7%
23:50	140	3,98	907	27,8	67%	18,06	0,398	14,29	35,89	907	27,80	0,8721	18,06	1,0244	12,76	-10,7%

9.2.1 ESPINTERÔMETRO: CÁLCULOS DO ERRO PADRÃO

As tabelas 43 e 44, apresentam os cálculos de Erros Padrão das Medidas de MAT com o Espinterômetro.

Tabela 43 – Cálculos do erro-padrão. Fonte: autoria própria.

n	VC	D (mm)	E (kV)	Desvio (δ)	Desvio %	δ^2	Desvio Padrão		Erro Padrão da média
1	30	0,74	3,32	0,01	0,4%	0,000188	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta i)^2}$	$S_E^- = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	
2	30	0,73	3,29	-0,02	-0,5%	0,000254			
3	30	0,77	3,43	0,12	3,6%	0,014284			
4	30	0,68	3,13	-0,18	-5,3%	0,031219			
5	30	0,75	3,37	0,06	1,8%	0,003528			
	Média	0,734	3,31		Σ	0,049474	0,11	3,4%	0,04973624

1,5%

n	VC	D (mm)	E (kV)	Desvio (δ)	Desvio %	δ^2	Desvio Padrão		Erro Padrão da média
1	40	1,13	4,57	-0,06	-1,3%	0,003387	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta i)^2}$	$S_E^- = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	
2	40	1,15	4,64	0,01	0,2%	5,67E-05			
3	40	1,11	4,52	-0,11	-2,4%	0,012487			
4	40	1,12	4,55	-0,07	-1,6%	0,005495			
5	40	1,22	4,86	0,24	5,1%	0,055954			
	Média	1,146	4,63		Σ	0,07738	0,14	3,0%	0,0622013

1,3%

n	VC	D (mm)	E (kV)	Desvio (δ)	Desvio %	δ^2	Desvio Padrão		Erro Padrão da média
1	50	1,35	5,24	-0,44	-7,7%	0,192915	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta i)^2}$	$S_E^- = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	
2	50	1,62	6,04	0,36	6,4%	0,133021			
3	50	1,5	5,70	0,02	0,3%	0,000348			
4	50	1,52	5,77	0,09	1,5%	0,007424			
5	50	1,48	5,65	-0,03	-0,5%	0,000919			
	Média	1,494	5,68		Σ	0,334626	0,29	5,1%	0,12934953

2,3%

n	VC	D (mm)	E (kV)	Desvio (δ)	Desvio %	δ^2	Desvio Padrão		Erro Padrão da média
1	60	1,84	6,68	0,00	0,1%	2,01E-05	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta i)^2}$	$S_E^- = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	
2	60	1,88	6,80	0,13	1,9%	0,01574			
3	60	1,82	6,63	-0,04	-0,6%	0,001667			
4	60	1,85	6,73	0,06	0,8%	0,003085			
5	60	1,78	6,53	-0,14	-2,2%	0,020925			
	Média	1,834	6,68		Σ	0,041437	0,10	1,5%	0,04551737

0,7%

n	VC	D (mm)	E (kV)	Desvio (δ)	Desvio %	δ^2	Desvio Padrão		Erro Padrão da média
1	70	2,15	7,57	0,12	1,6%	0,014935	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta i)^2}$	$S_E^- = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	
2	70	2,12	7,49	0,05	0,6%	0,002029			
3	70	2,05	7,30	-0,15	-2,0%	0,02223			
4	70	2,03	7,76	0,32	4,3%	0,101359			
5	70	1,98	7,11	-0,34	-4,5%	0,11325			
	Média	2,066	7,44		Σ	0,253803	0,25	3,4%	0,11265055

1,5%

n	VC	D (mm)	E (kV)	Desvio (δ)	Desvio %	δ^2	Desvio Padrão		Erro Padrão da média
1	80	2,34	8,11	0,19	2,5%	0,037787	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta i)^2}$	$S_E^- = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	
2	80	2,26	7,89	-0,03	-0,3%	0,000653			
3	80	2,2	7,72	-0,19	-2,4%	0,035369			
4	80	2,21	7,76	-0,15	-1,9%	0,022041			
5	80	2,32	8,08	0,17	2,1%	0,028123			
	Média	2,266	7,91		Σ	0,123974	0,18	2,2%	0,07873178

1,0%

Tabela 44 - Cálculos do erro-padrão (continuidade).

n	VC	D (mm)	E (kV)	Desvio (δ)	Desvio %	δ^2	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta i)^2}$	Erro Padrão da média		
1	90	2,54	8,67	0,07	0,9%	0,005415		$S_{E^-} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$		
2	90	2,48	8,51	-0,09	-1,0%	0,007836				
3	90	2,52	8,63	0,03	0,4%	0,001109				
4	90	2,48	8,53	-0,07	-0,8%	0,004563				
5	90	2,52	8,65	0,05	0,6%	0,00242				
Média		2,50800	8,60		Σ	0,021343	0,07		0,8%	0,03266729

n	VC	D (mm)	E (kV)	Desvio (δ)	Desvio %	δ^2	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta i)^2}$	Erro Padrão da média		
1	100	2,54	9,04	0,17	2,0%	0,030313		$S_{E^-} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$		
2	100	2,57	8,76	-0,10	-1,1%	0,010059				
3	100	2,62	8,91	0,05	0,6%	0,002489				
4	100	2,57	8,78	-0,08	-0,9%	0,006194				
5	100	2,58	8,82	-0,05	-0,5%	0,002025				
Média		2,576	8,86		Σ	0,05108	0,11		1,3%	0,05053718

n	VC	D (mm)	E (kV)	Desvio (δ)	Desvio %	δ^2	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta i)^2}$	Erro Padrão da média		
1	110	3,23	9,04	-0,54	-5,6%	0,288487		$S_{E^-} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$		
2	110	2,94	9,81	0,23	2,4%	0,053375				
3	110	2,9	9,70	0,13	1,3%	0,016479				
4	110	2,88	9,66	0,09	0,9%	0,007377				
5	110	2,88	9,67	0,09	1,0%	0,008431				
Média		2,966	9,57		Σ	0,374149	0,31		3,2%	0,13677519

n	VC	D (mm)	E (kV)	Desvio (δ)	Desvio %	δ^2	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta i)^2}$	Erro Padrão da média		
1	120	3,38	10,61	-0,22	-2,1%	0,050062		$S_{E^-} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$		
2	120	3,35	10,96	0,12	1,1%	0,015011				
3	120	3,32	10,89	0,05	0,5%	0,002436				
4	120	3,41	11,15	0,32	2,9%	0,101445				
5	120	3,2	10,57	-0,27	-2,5%	0,071096				
Média		3,332	10,84		Σ	0,24005	0,24		2,3%	0,10955596

n	VC	D (mm)	E (kV)	Desvio (δ)	Desvio %	δ^2	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta i)^2}$	Erro Padrão da média		
1	130	3,61	11,68	-0,19	-1,6%	0,036789		$S_{E^-} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$		
2	130	3,7	11,94	0,07	0,6%	0,004962				
3	130	3,69	11,81	-0,06	-0,5%	0,003322				
4	130	3,69	11,94	0,07	0,6%	0,005152				
5	130	3,7	11,98	0,11	0,9%	0,011496				
Média		3,678	11,87		Σ	0,061721	0,12		1,0%	0,05555211

n	VC	D (mm)	E (kV)	Desvio (δ)	Desvio %	δ^2	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta i)^2}$	Erro Padrão da média		
1	140	4,11	13,08	0,22	1,7%	0,047593		$S_{E^-} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$		
2	140	3,97	12,70	-0,15	-1,2%	0,0235				
3	140	4,05	12,93	0,08	0,6%	0,005663				
4	140	4	12,81	-0,05	-0,4%	0,002115				
5	140	3,98	12,76	-0,09	-0,7%	0,00886				
Média		4,022	12,86		Σ	0,087731	0,15		1,2%	0,06623093

9.3 KIRLIANRACK

A Figura 187 exibe a primeira versão de aparelho Kirlian desenvolvido pelo autor em 1987. Ao conjunto dos quatro dispositivos construídos para esta pesquisa, deu-se o nome de **Kirlianrack** pelo fato de três instrumentos (gerador de MAT, fotocontrolador e dactilodinamômetro) ficarem empilhados um sobre o outro, como em uma prateleira (*rack*).

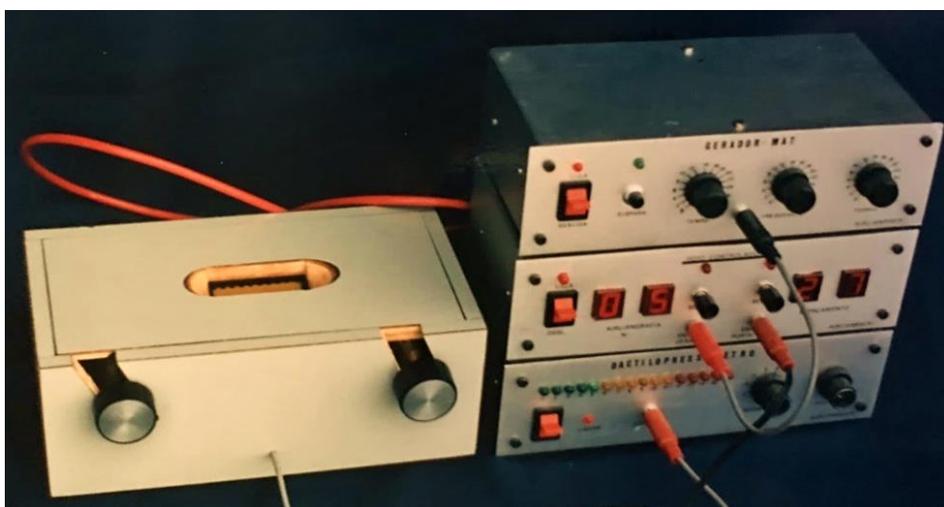


Figura 187 – Kirlianrack. Fonte: autoria própria.

O Kirlianrack foi Premiado no Congresso de Parapsicologia e Psicotrônica de Belém, Pará, em 1987 e apresentado pessoalmente pelo autor no Congresso Kirlian Now, ocorrido em Londres, em 1990.

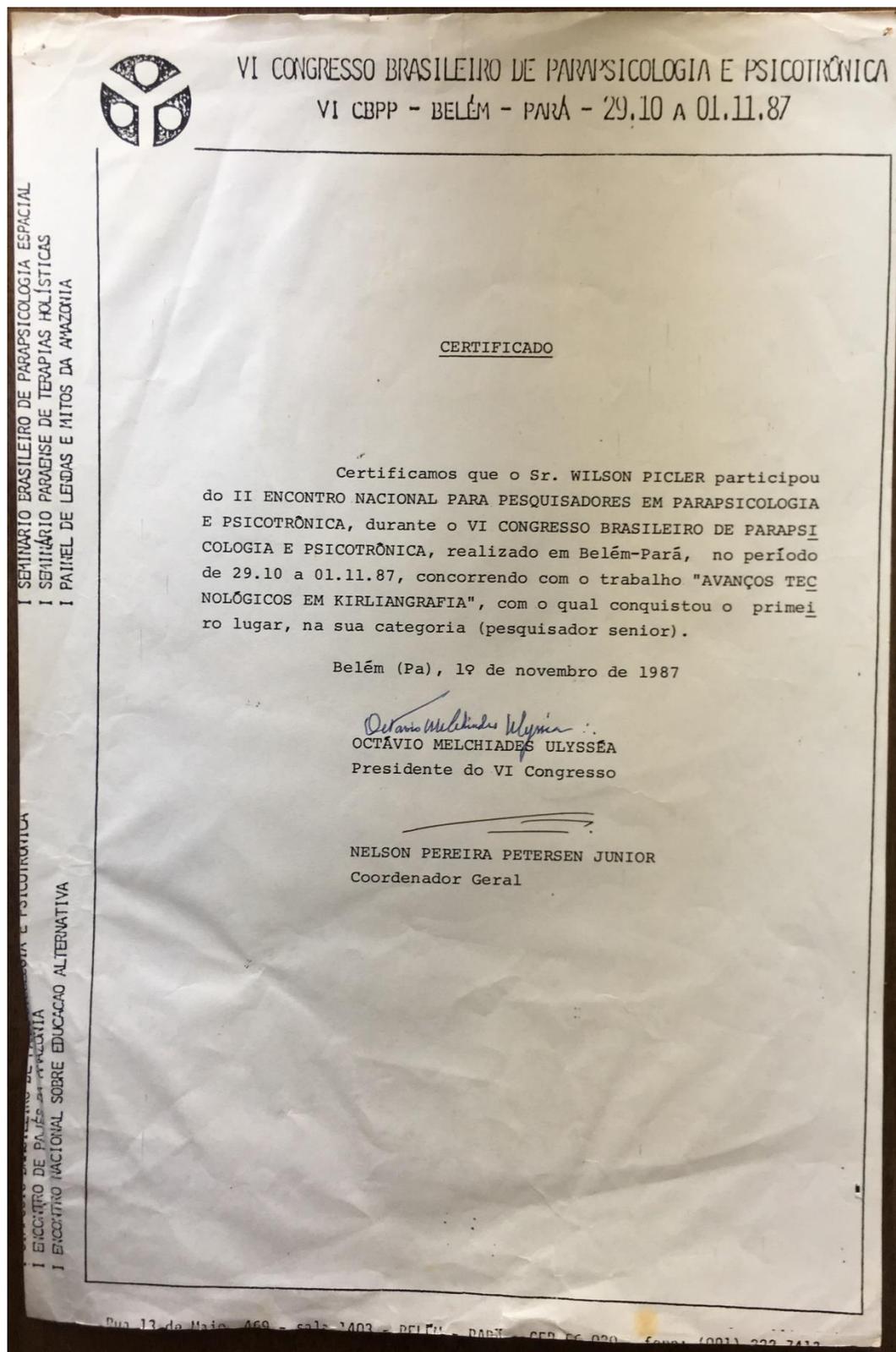


Figura 188 – Premiação no Congresso de Parapsicologia e Psicotrônica de Belém, Pará, em 1987.
 Fonte: Certificado da organização do evento.

Este trabalho teve início em 1983, quando o autor teve o primeiro contato com a Kirliangrafia. Em 1985, foi contratado pelo INPP (Instituto Nacional de Pesquisas Psicobiofísicas), quando tinha apenas 21-22 anos e havia se formado no curso técnico em Eletrônica no CEFET-PR.

Em 1987, o autor apresentou os resultados preliminares desta pesquisa juntamente com o Kirlianrack apresentado na figura 187, auferindo o primeiro lugar do Prêmio de Pesquisadores Seniores no VI Congresso de Parapsicologia e Psicotrônica, ocorrido em outubro de 1987, em Belém do Pará (*vide* Figura 188). No decorrer desses 33 anos, o autor dedicou-se a este estudo, por diversos períodos, por vezes interrompidos em razão de atividades profissionais. Finalmente, chegamos ao ano de 2019, coroado com conclusão desta etapa e sua aprovação pela Banca de Mestrado em Engenharia Elétrica/Biomédica da Universidade de Campinas (Unicamp). O autor procurou passar sua experiência adquirida e acrescentar seu conhecimento no sentido de colaborar para o avanço desta área, bem como para garantir que outros pesquisadores possam se valer dos conteúdos aqui apresentados.

Ao longo desses anos, o autor recebeu a ajuda de diversos profissionais que de alguma forma deram sua contribuição. Àqueles que não foram citados no início desta dissertação, peço por gentileza que recebam minhas sinceras desculpas por não lembrar de todos. No entanto, tenham certeza de minha gratidão.

Agradeço a compreensão, paciência e interesse de todos que precisaram ler esta dissertação; um fraternal abraço a todos, e tenhamos a esperança de que um dia esta ciência possa efetivamente ajudar na compreensão da natureza do Espírito Humano.

Mais uma vez, agradeço ao meu Orientador Prof. Dr. Eduardo Tavares Costa e à Universidade de Campinas (Unicamp), por terem admitido este tema como Dissertação de Mestrado.

Wilson Picler

Curitiba, 27 de março de 2019.