

ESPECTROSCOPIA ÓPTICA ASSOCIADA COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA ANÁLISE DE MUNIÇÕES/EXPLOSIVOS E RESÍDUOS DE DISPARO DE ARMA DE FOGO

Coordenador (a): Bruno Spolon Marangoni



Prof. Dr. Bruno Marangoni: Coordenador da proposta.

Doutorado em Física Atômica e molecular - USP (2013)

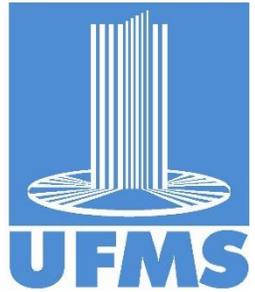
Professor UFSCar (2014) -> UFMS (2016)

Grupo de óptica e Fotônica - GOF (UFMS)

PQ 2 (2017) – Área Física

Área de atuação: Espectroscopia óptica e Machine learning;

Análises agroambientais; Biofotônica; Forense.



*16 docentes integram a proposta
* 03 IES: UFMS, UFU, UFGD



Prof. Dr. Jader S. Cabral



Peritos:

**Samira Vieira Silva Penna
Melissa Porto Tronchini
Rodrigo E. Wenceslau**

Prof. Dr. Cicero R. Cena (UFMS): Pesquisador e principal colaborador. Experiência em técnicas de espectroscopia óptica no infravermelho e aprendizagem de máquina (inteligência artificial). Coordenador do PPGCM-UFMS

Interação com os peritos da Polícia Científica para obtenção e de amostras, contribuindo para administração do projeto.



Mestrando: Guilherme Cioccia (PPGCM-UFMS): Aluno de mestrado bolsista CAPES. Elaboração de protocolo para identificação de resíduos de disparo por arma de fogo utilizando análises de espectroscopia e técnicas de aprendizado de máquina.
Orientador: Bruno Marangoni



Pós doutor: Dr. Cláudio Yamamoto Morassuti (PPGCM-UFMS): pesquisador postdoc bolsista CAPES. Síntese e Caracterização de Nanopartículas de Polímeros Conjugados para Aplicações como Biomarcadores Fluorescentes com Potencial Uso em Análises Forenses.

Orientador: Anderson Caires

Doutorando: Rodrigo Evaristo Wenceslau (SEJUSP-MS): Perito Criminal da Polícia Civil do estado de Mato Grosso do Sul. Espectroscopia óptica associada com Inteligência Artificial para análise de munições/explosivos e resíduos de disparo de arma de fogo.

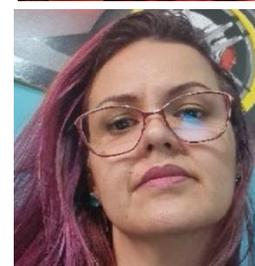
Orientador: Bruno Marangoni

Mestranda: Samira Vieira Silva Penna (SEJUSP-MS): Perita Criminal da Polícia Civil do estado de Mato Grosso do Sul. Determinação da Recenticidade de disparo de arma de fogo utilizando espectroscopia.

Orientador: Cícero Cena

IC: Paloma Dias Oliveira (UFMS): Engenharia Física. Determinação de resíduo de disparo de arma de fogo utilizando espectroscopia óptica e análise multivariada.

Orientador: Cícero Cena



Objetivo Geral

Identificar GRS em atiradores

100%



Desenvolver protocolo

30%



Determinação de Limites do Método/técnica

50%



ANO 1:

- **Operacionalização** -
- Formação de Recursos Humanos (Bolsistas)
- Materiais (Compra)
- Planejamento experimental
- Amostras (Banco de amostras).
- Articulação com Perícia
- Testes iniciais

ANO 2 e 3:

- **Desenvolvimento** -
- Coleta de dados
- Diferentes protocolos de coleta
- Análise de dados – Inteligência Artificial
- Testes de acurácia
- Testes de falsos positivos
- Ensaios com uso de sondas

ANO 3 e 4:

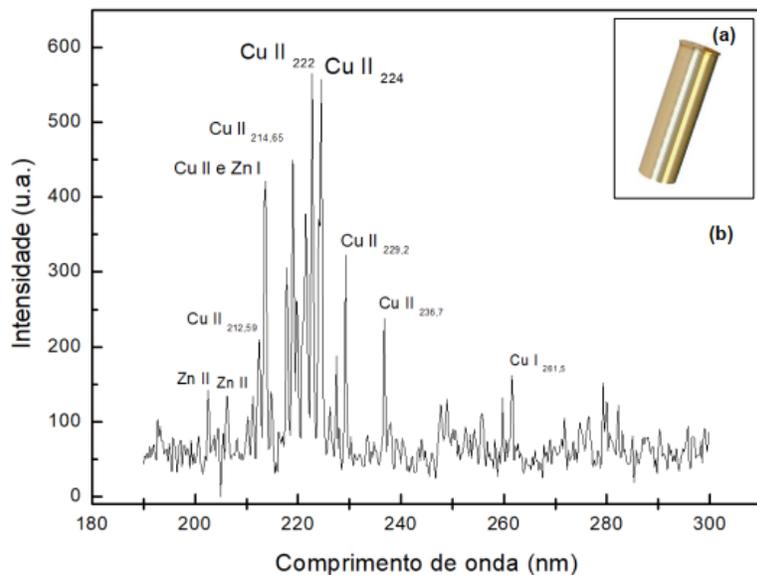
- **Validação & Divulgação** -
- Testes de validação externa
- Comunicações científicas
- Comunicações técnicas
- Banco de dados
- Relatório Final



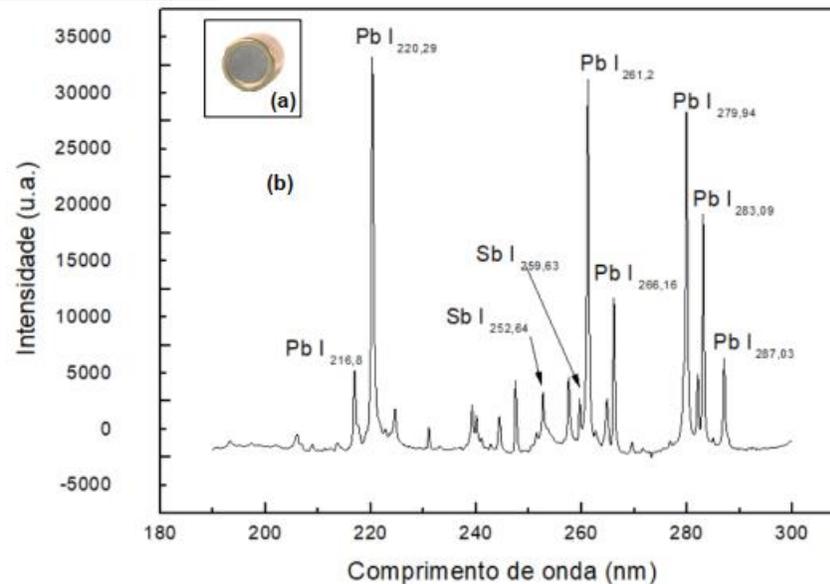
Resultados iniciais:

- Teste de homogeneidade/sensibilidade da medida.
- Análises coleta GSR em mãos após disparo – Fita C e stub Latão.
- Análises coleta GSR em mãos após disparo – Fita 3M.
- Medidas realizadas em LIBS de bancada com range 190-300nm.
- Análises iniciais: Identificação de materiais característicos (Sb e Pb), além de materiais secundários (Zn, Cu, Sn, etc..).
- Utilização de medida de referência para constatação do GSR – EDS MEV.
- Redução de dimensionalidade exploratória e testes ML iniciais

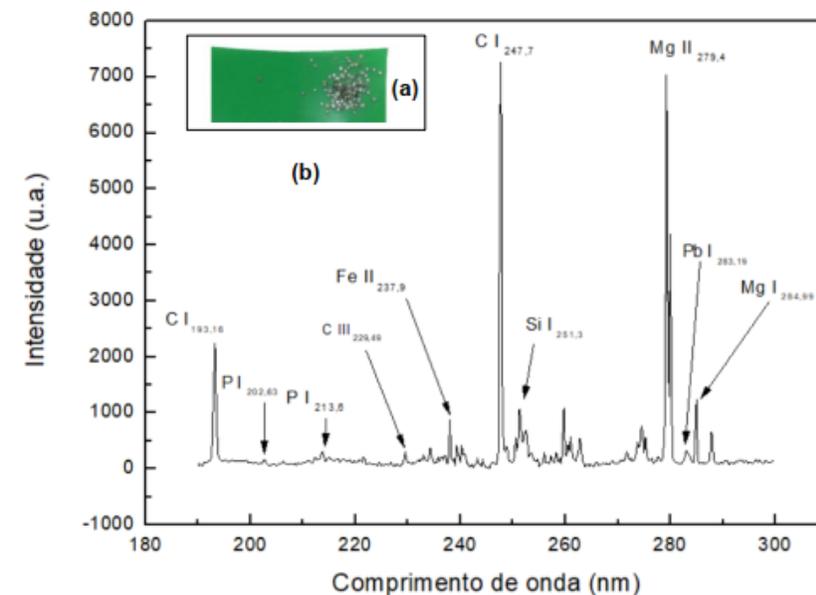
Exemplos de medidas:



Região externa de um estojo de cartucho de munição de calibre .40 S&W da marca CBC percutido e deflagrado (a) e seu respectivo gráfico padrão (b).

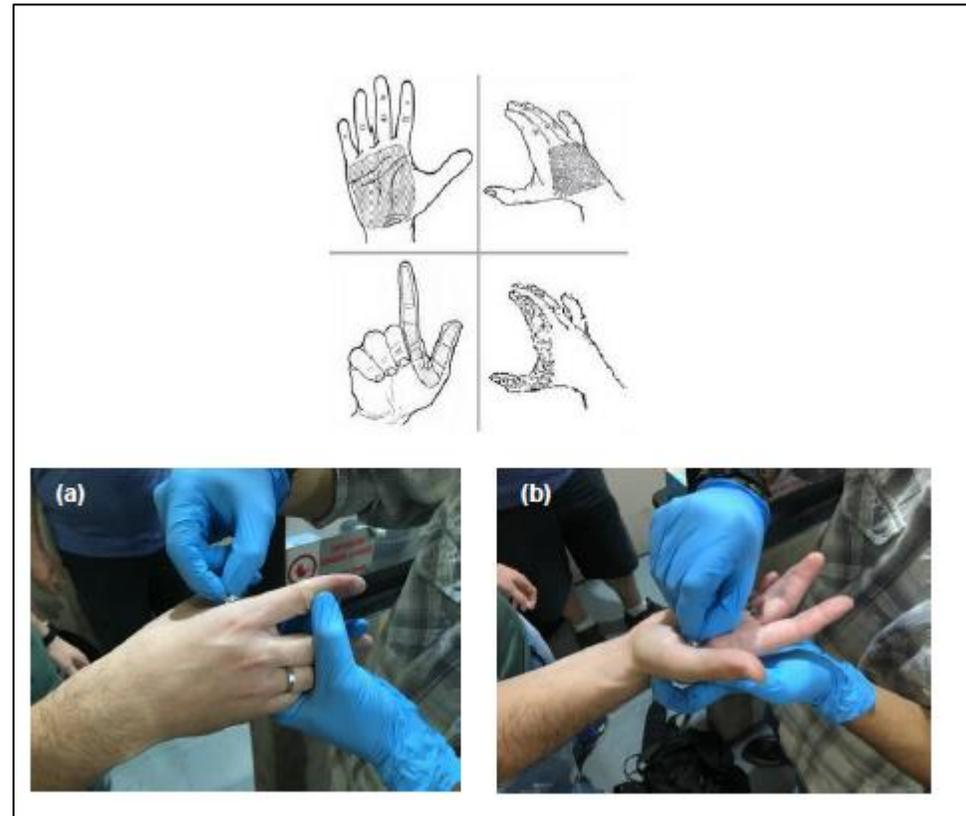
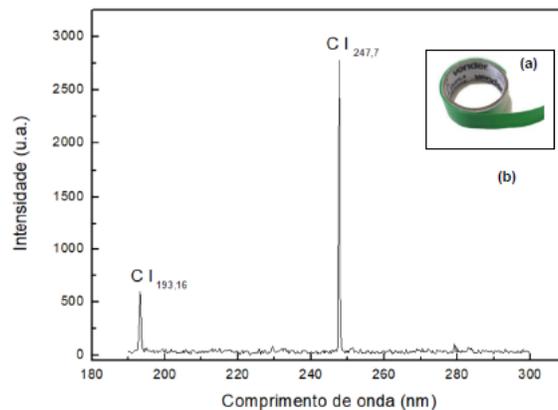
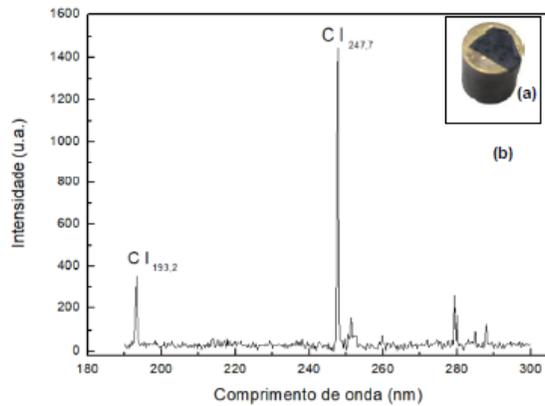


Projétil encamisado da munição de pistola calibre .40 S&W da marca CBC (exames na região sem encamisamento - base) (a) e seu respectivo gráfico padrão (b).



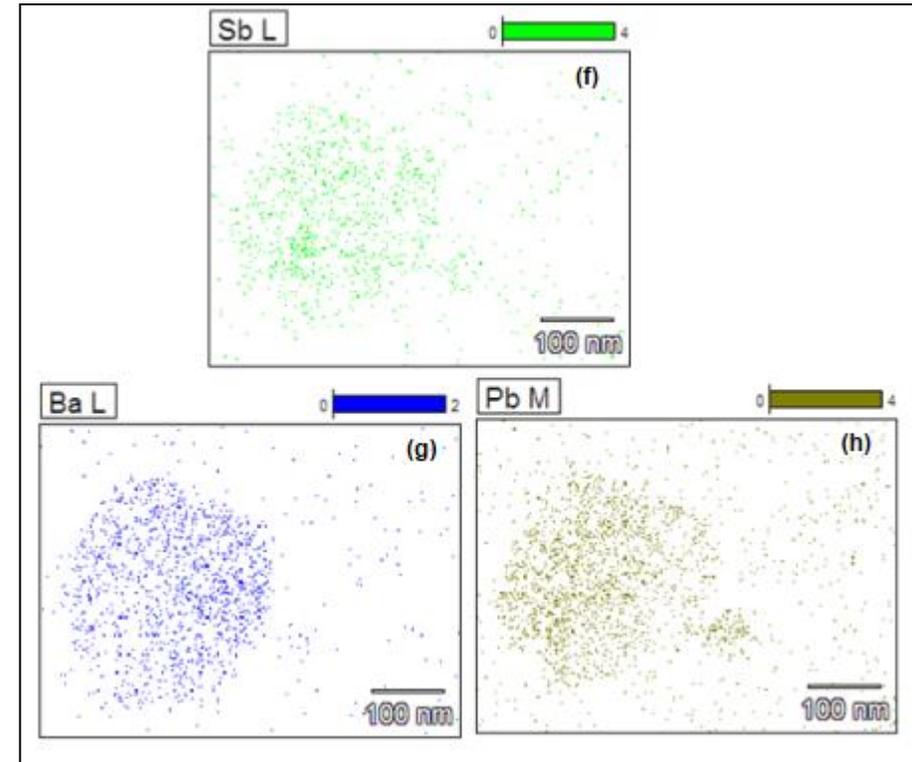
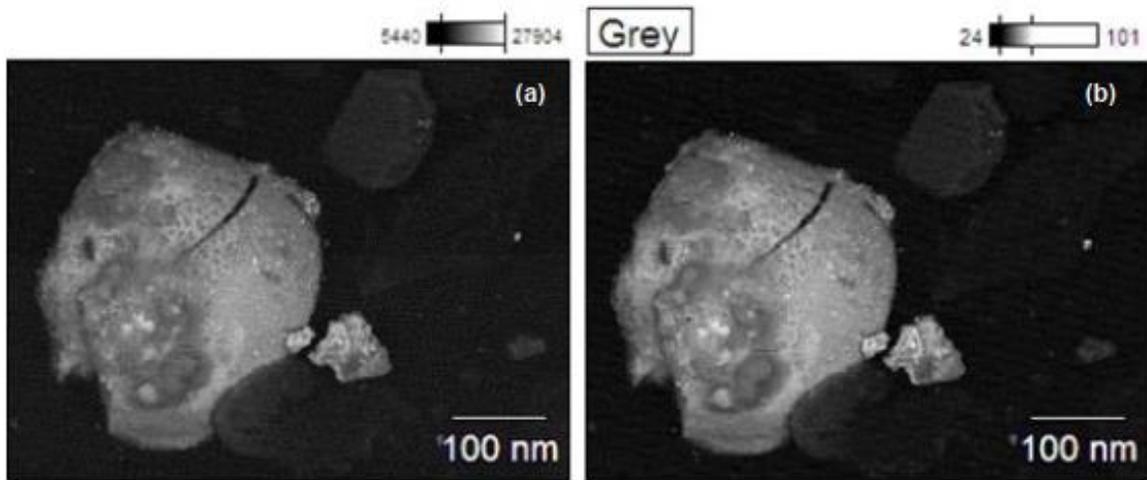
Propelente de munição de revólver calibre .38 SPL da marca CBC aderida em fita adesiva dupla face da marca Vonder de cor verde (a) e seu respectivo gráfico padrão (b).

Exemplos de medidas:

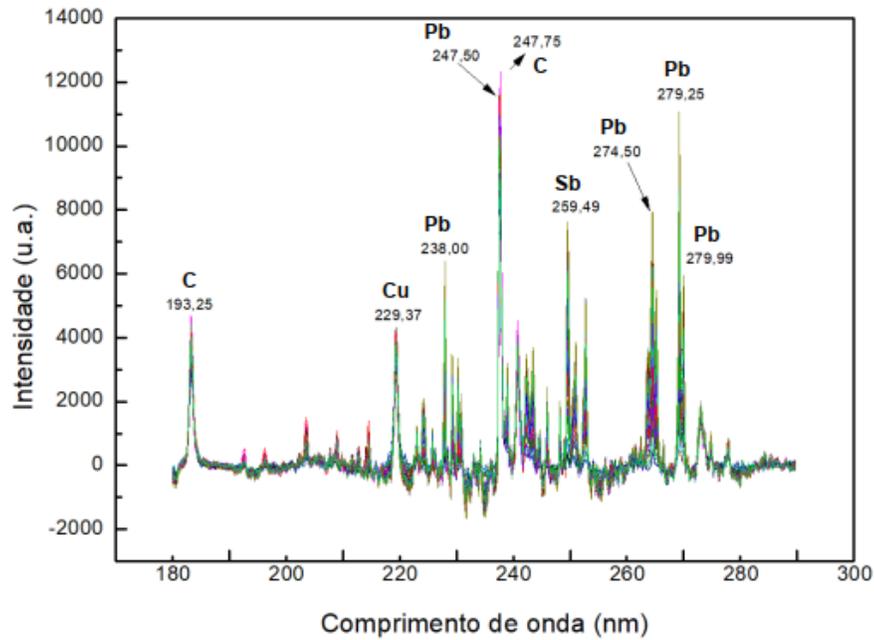


transferência das partículas da(s) mão(s) do atirador para a superfície colante, aplicando-se nos polegares, indicadores, pregas interdigitais e palmas e dorso das mãos.

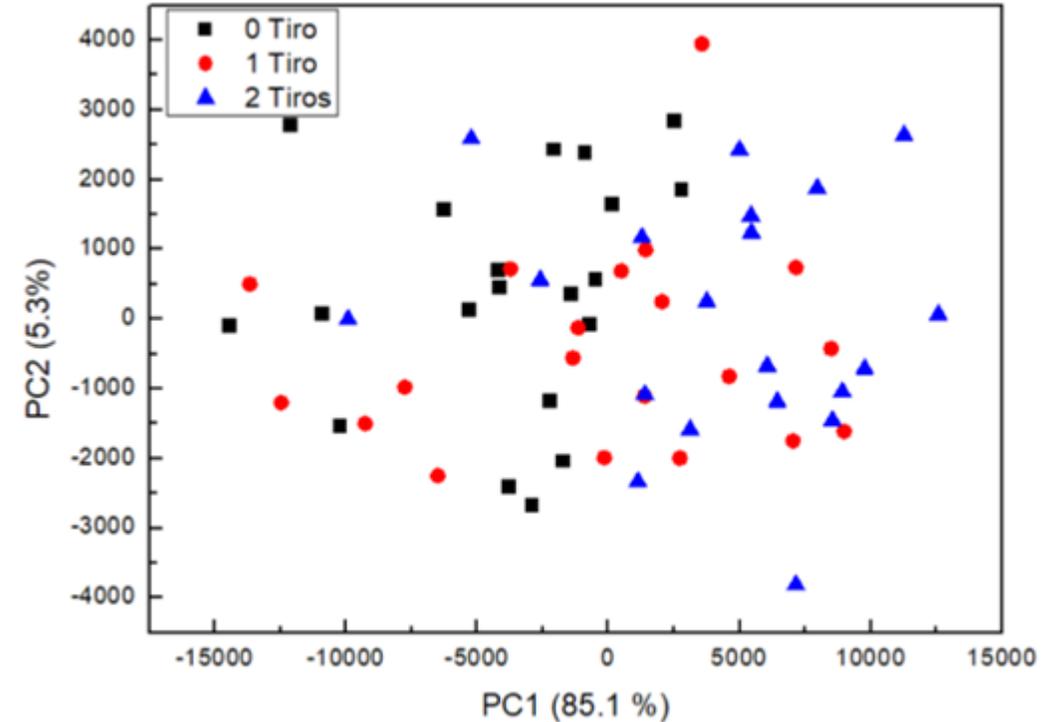
Imagens da morfologia da partícula de GSR e distribuição elementar



Espectro LIBS característico e Score Plot: Revolver. Coleta em 2 pessoas – 10 espectros cada fita.

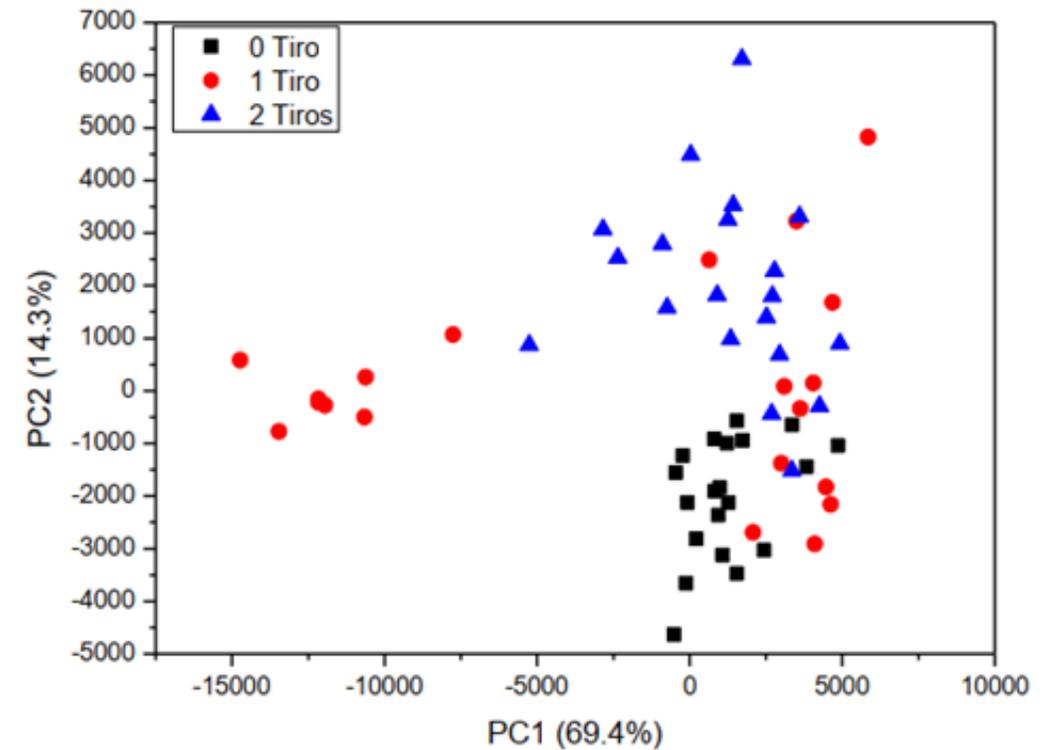
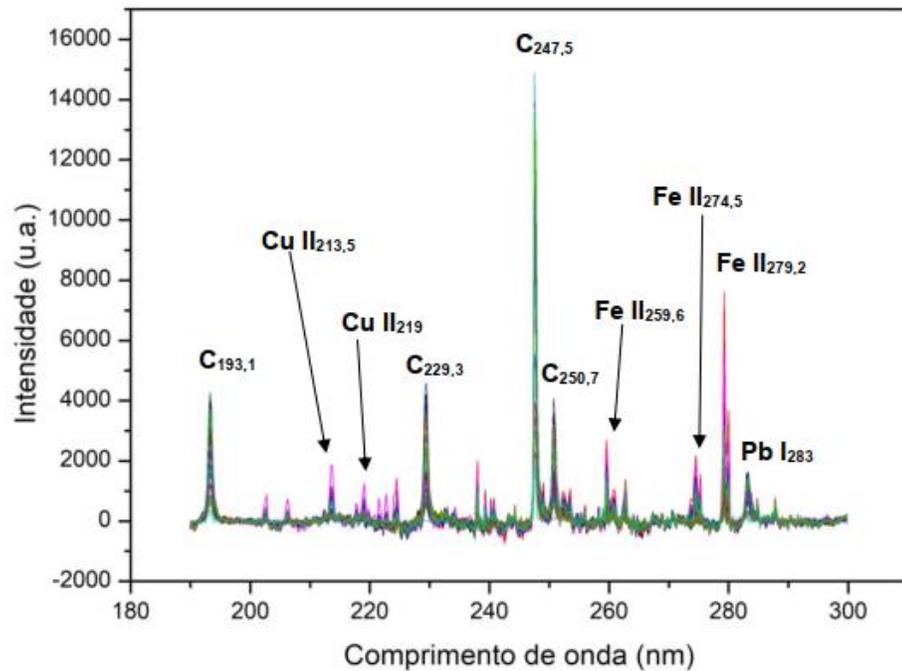


Espectros brutos e sem média com Offset e Background removidos apresentando todas as linhas registradas na amostragem. Amostra coletada para tiros de revólver para 0,1 e 2 tiros.



Score plot: Revolver

Espectro LIBS característico e Score Plot: Pistola. Coleta em 2 pessoas – 10 espectros cada fita.



Score plot: Pistola

Espectros sem offset e background. Amostras coletadas para tiros de pistola para 0, 1 e 2 tiros

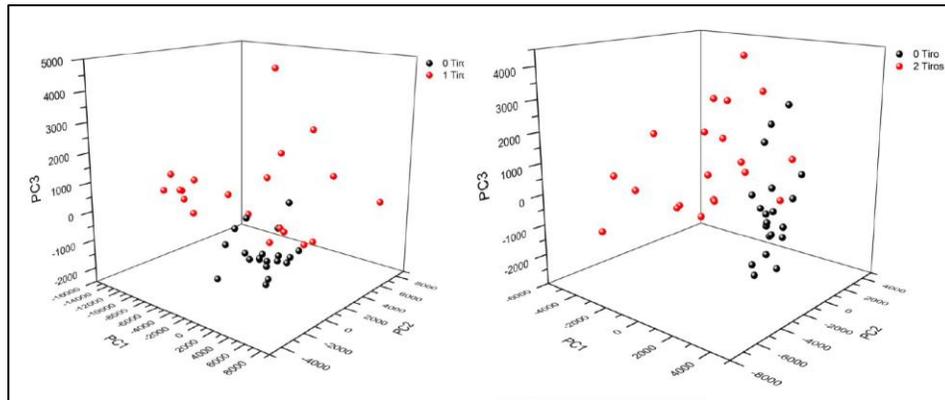
Treinamento Machine learning – Validação interna (LOO-CV). Melhores classificadores:

Pistola

3 Classes: 0 Tiro; 1 Tiro; 2 Tiros

Acurácia 83.3% - Linear SVM (11PCs)

2 Classes: Não atirador vs Atirador



Acurácia 95%

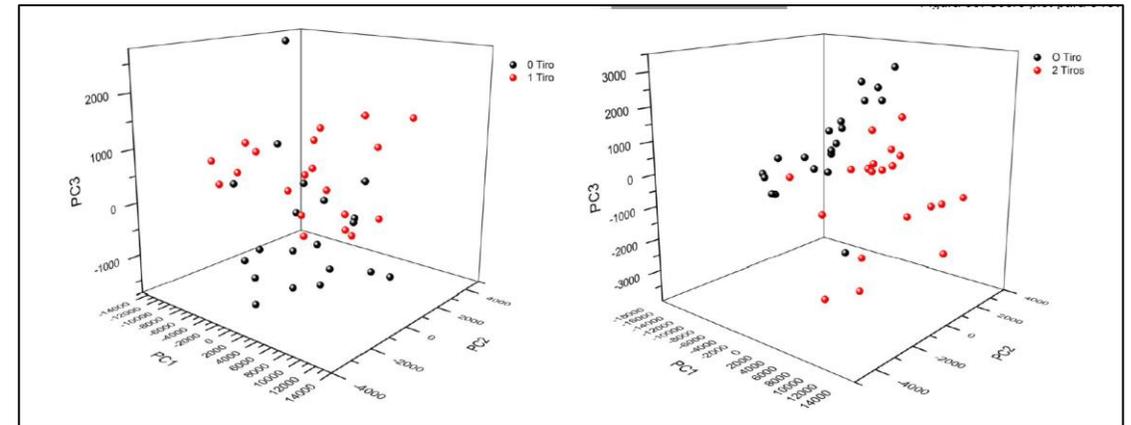
Acurácia 100%

Revolver

3 Classes: 0 Tiro; 1 Tiro; 2 Tiros

Acurácia 88.3% - KNN (K=1;7PCs)

2 Classes: Não atirador vs Atirador



Acurácia 87.5%

Acurácia 95%

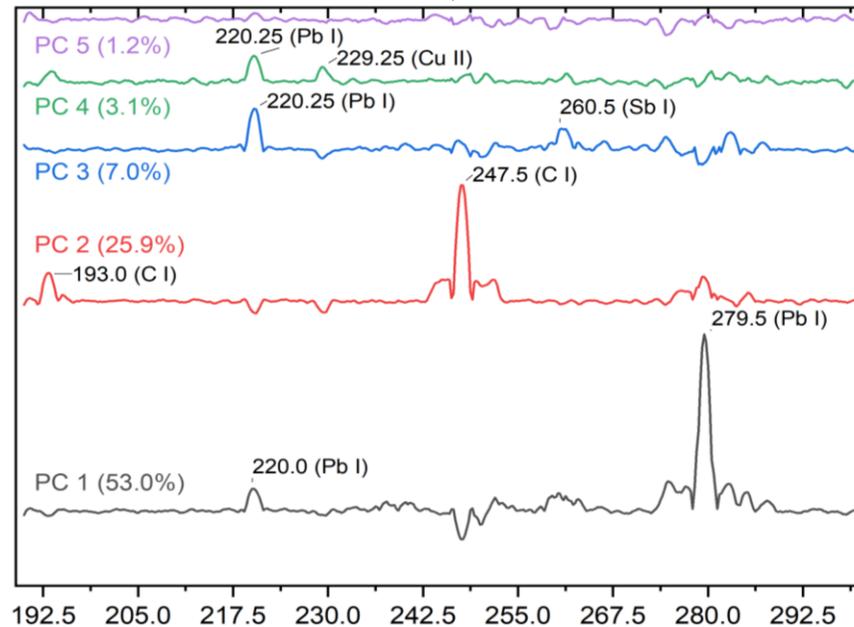


Resultados Parciais:

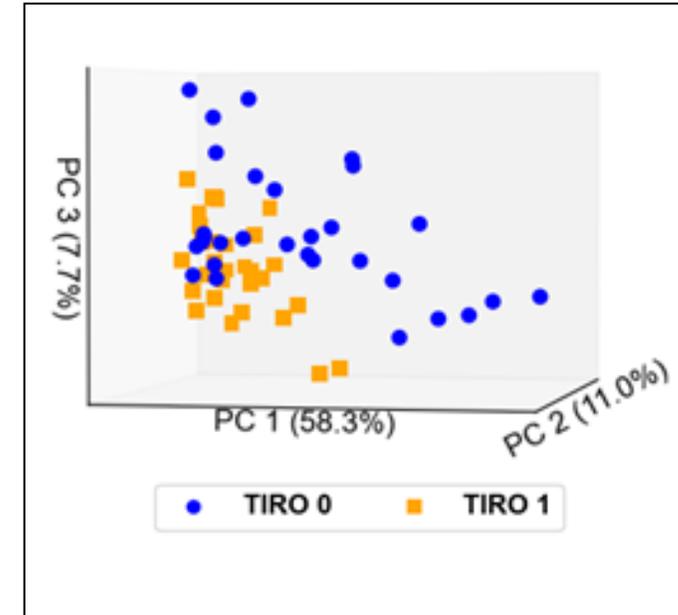
- Coleta 6 pessoas. Grupo com 30 amostras.
- Análises coleta GSR em mãos após disparo – Fita 3M.
- Medidas realizadas em LIBS de bancada com range 190-300nm
- Redução de dimensionalidade exploratória e seleção de variáveis
- Incorporação da classe “indeterminada” para diminuir falsos positivos.
- Pré-tratamento dos dados
- Utilização espectro médio (10).
- Validação externa

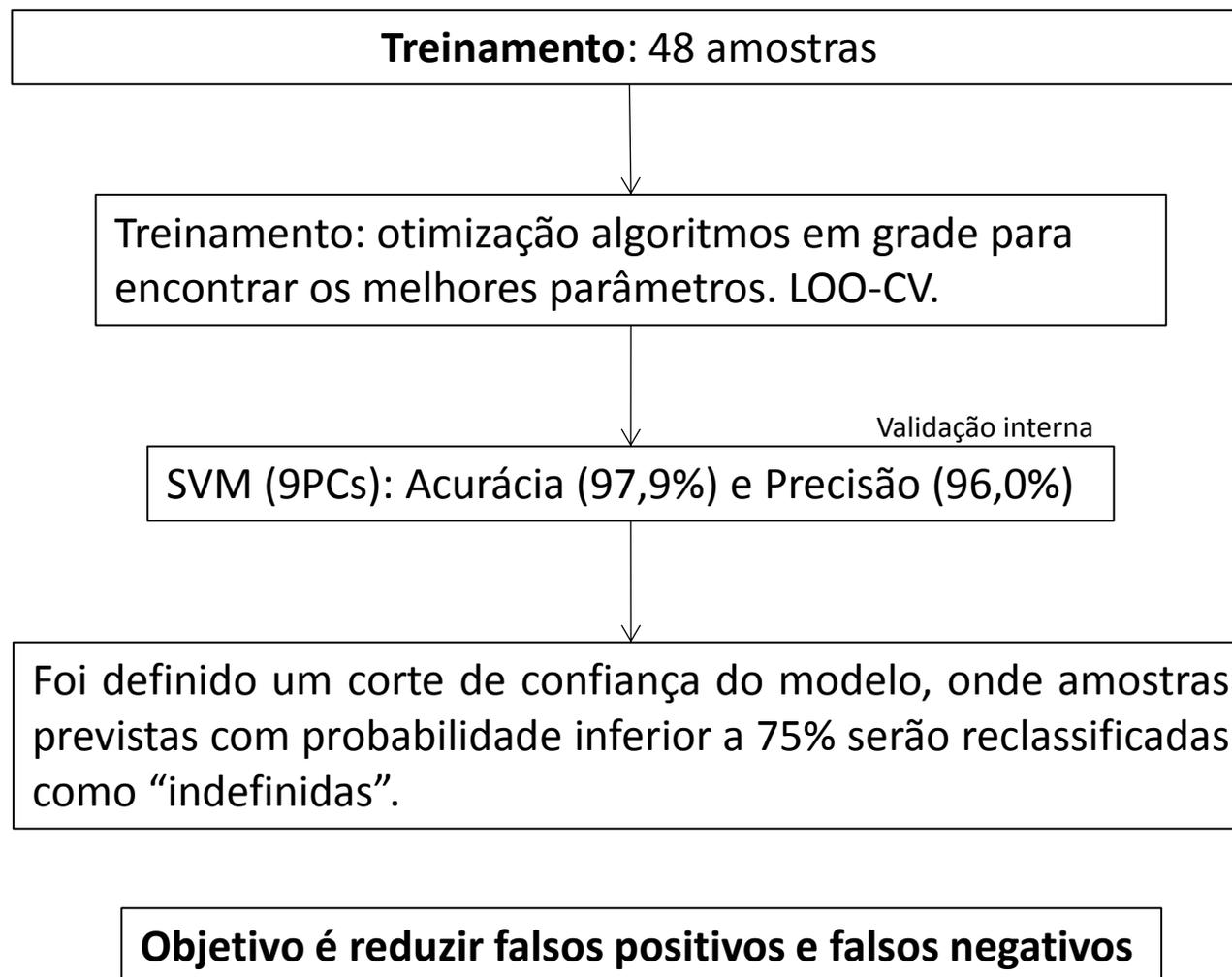
- **Pré processamento:** Standard Normal Variate (SNV) para normalização, Savitzky-Golay para suavização e Rolling Balls para correção de linha base.

Principal Components Analysis (PCA): analise loadings



Seleção da região: 210-230nm e 255-265nm (Pb I, Sb I)





- **Validação externa: 12 amostras**

- Classificação pelo modelo:

	Prob. 0	Prob. 1
	92,53%	7,47%
	93,12%	6,88%
	93,12%	6,88%
	98,12%	1,88%
→	27,54%	72,46%
→	73,75%	26,25%
	5,75%	94,25%
	4,54%	95,46%
	6,68%	93,32%
→	33,35%	66,65%
	11,98%	88,02%
	11,98%	88,02%



Classificação binária

		Previsto	
		0	1
verdadeiro	0	5	1
	1	0	6

Acurácia = 91,7%

Precisão = 85,7%

$$P = VP / (VP + FP)$$



Classificação Probabilística

		Previsto	
		0	1
verdadeiro	0	4	0
	1	0	5

Acurácia = 75%

Precisão = 100%

Indeterminado

3



Gerar um protocolo/técnica para identificação de resíduos de disparo de arma de fogo – prática/financeira/legalmente exequível – utilizando espectroscopia óptica + Análise supervisionada

- **Formação de recursos humanos qualificados.**
- Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- Rapidez, baixo custo/análise, eliminação/diminuição do fator humano na decisão.
- Atendimento à demais demandas da SEJUSP no âmbito da perícia científica.

Trabalhos realizados creditando o projeto(diretos/indiretos):

- **Invited Speaker: FLTPD-XIV - May 1 – May 5 2022, Levico Terme, Italy.
“LIBS applied to agro-environmental and forensic solutions”**
- **Multi-energy Calibration Applied for the quantification of Polymer Concentration in Conjugated Polymer Nanoparticles – Submetido a Macromolecules (post doc)**
- ***Conjugated Polymers and Conjugated Polymer Nanoparticles to Solve Crimes – Applications and Perspectives for Forensic applications. Review (a ser submetido). Post doc***
- **Laser-Induced Breakdown Spectroscopy Associated with the Design of Experiments and Machine Learning for Discrimination of Brachiaria brizantha Seed Vigor – Sensors (mestrado)**
- **Simultaneous quantification of seven multi-class organic molecules by single-shot dilution differential pulse voltammetric calibration (Talanta)**

Oportunidades:

- Desenvolvimento de ferramentas analíticas robustas.
- Aplicação multidisciplinar.
- Desenvolvimento de RH qualificado.
- Upgrade capacidade espectroscópica.
- Financiamento contínuo do laboratório.

Óbices:

- Volatilidade de alunos.
- Cotação dólar/euro.
- Obtenção de grande quantidade de amostras.
- Queima do laser de excitação do plasma.

-Dentro do cronograma sugerido para desenvolvimento do projeto, foi cumprido a parte inicial como esperado.

Coleta inicial de dados; desenvolvimento de rotinas de pré-tratamento, análise inicial e supervisionada. Testes em relação ao protocolo de coleta. Validação externa e Síntese de nanopartículas.

Futuro:

- Publicação dos resultados apresentados.
- Expansão do conjunto de espectrômetro (190-300nm). Pretende-se chegar a 800nm.
- Adaptação do laser de Femtossegundo (Tsumani) para realizar medidas LIBS.
- Aplicação de nanopartículas nas amostras GSR. Uso de ressonância plasmônica para aumento de sinal. Otimização e verificação de eficiência.
- Aumentar a base de dados (mais atiradores e coletas). Verificar a precisão da técnica e novo protocolo incluindo variáveis reais de campo (mão lavada, longo tempo após o disparo, etc..)
- Recenticidade do disparo.

Obrigado(a).