



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA- PIBIC 2014-2015**



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

Determinação de cloro em águas por imagens digitais capturadas por dispositivo móvel

GADELHA, Simone Azevedo¹. MARTINS, Valdomiro Lacerda¹.

¹ Universidade Federal do Amazonas -UFAM, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia –ICET.

E-mail: mone_ag@hotmail.com; valdomiro@gmail.com



32 **RESUMO**

33

34 O presente trabalho tem o objetivo de determinar o teor de cloro em águas residuais do município de
35 Itacoatiara por métodos de análise clássica e por imagens digitais capturadas por dispositivo móvel.
36 Para realização do mesmo foram coletadas amostras nos turnos matutino e noturno dos respectivos
37 bairros Jardim Florestal e Jaúary e realizadas análises em triplicata por titulometria e por
38 metodologia baseada em imagem digital (DIB) para cada volume de titulante adicionado durante a
39 reação. Para a amostra do bairro Jaúary, as concentrações de cloro foram respectivamente: 7,55 mg
40 L⁻¹ (manhã) e 8,14 mg L⁻¹ (noite). Para a amostra do bairro Jardim Florestal: 3,24 mg L⁻¹ (manhã) e
41 3,24 mg L⁻¹ (noite) usando o método de titulação clássica e pelo método DIB foram
42 respectivamente: 7,49 mg L⁻¹ (manhã) e 8,47 mg L⁻¹ (noite). Para a amostra do bairro Jardim
43 Florestal: 3,23 mg L⁻¹ (manhã) e 4,76 mg L⁻¹ (noite). Os valores obtidos de cada análise por meio de
44 cálculos da concentração média do cloro nas amostras estão em conformidade com os valores
45 exigidos pelo CONAMA, 1986 o art. 48. nº 001-A. Sendo os valores máximos de 250 mg L⁻¹ e
46 mínimos de 0,5 mg.L⁻¹ permitidos.

47

48 **Palavras-Chave:** Qualidade da água, Titulometria clássica, DIB.

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63



64 **ABSTRACT**

65

66 This study aims to determine the chlorine content in wastewater from the municipality of Itacoatiara
67 by classical methods of analysis and digital images captured by mobile. To achieve the same
68 samples were collected in the morning and night shifts of their neighborhoods Forest Garden and
69 Jaúary and analyzes performed in triplicate by titration and methodology based on digital image
70 (DIB) for each volume of titrant added during the reaction. For sample Jaúary neighborhood
71 chlorine concentrations were: 7.55 mg L⁻¹ (am) and 8.14 mg L⁻¹ (night). For the sample of the Forest
72 Garden neighborhood: 3.24 mg L⁻¹ (morning) and 3.24 mg L⁻¹ (night) usually by classical methods
73 and for DIB methods were sample Jaúary neighborhood chlorine concentrations were: 7.49 mg L⁻¹
74 (am) and 8,47 mg L⁻¹ (night). For the sample of the Forest Garden neighborhood: 3,23 mg L⁻¹
75 (morning) and 4,76 mg L⁻¹ (night). The values obtained for each analysis by calculation of the
76 average concentration of chlorine in the samples were compared with the maximum values of 250
77 mg L⁻¹ and minimum allowed 0.5 mg L⁻¹ by CONAMA.

78

79 **Keywords:** Water quality, Classic titrimetry, DIB.

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92



93 1. INTRODUÇÃO

94 A água é considerada um recurso indispensável para a vida, mas está se tornando escassa
95 em algumas regiões do planeta, e em outras, apesar da abundância, não se encontra em condições
96 adequadas para o consumo humano (AGUIAR *et al.*, 2008). Em seu estado natural permanece com
97 a composição (H₂O), porém, dificilmente encontrasse fonte de água doce que não tenha suas
98 características alteradas pelo homem (MACARI, 1996 *apud* FURLAN *et al.*, 1999).

99 A vital dependência da humanidade à água pressupõe que esta deva apresentar
100 propriedades físicas, químicas e biológicas que não causem danos à saúde (ALVARENGA, 2010).
101 Contudo, o processo de tratamento da água para o consumo público é imprescindível, quando se
102 tratar de águas de superfície ou subterrânea, pois naturalmente nenhuma delas atende aos padrões de
103 potabilidade recomendados para o consumo humano, por isto, necessitam de tratamento
104 convencional e um eficiente controle de qualidade (ALVARENGA, 2010).

105 Essa potabilidade é alcançada mediante várias formas de tratamento, sendo que a mais
106 tradicional inclui basicamente as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração,
107 desinfecção e a fluoretação (FREITAS, 2002 *apud* SCURACCHIO, 2010). No município de
108 Itacoatiara no estado do Amazonas, é utilizada a desinfecção e a fluoretação.

109 O processo de fluoretação se dá ao adicionar flúor na água, em conformidade com padrões
110 estabelecidos pela legislação específica para prevenir a cárie dentária. Critério concentração de
111 Fluoreto (igual ou superior a 0,01 mg/L) do CAM44 - “A concentração ótima de fluoreto para água
112 de abastecimento público é de 0,7 mg/L (Resolução § -250/1995), (BRASIL, 2007), considerando os
113 benefícios que esta concentração representa para a prevenção de cárie dentária da população, não
114 havendo tolerância para concentrações menores que 0,6 mg/L e maiores que 0,8 mg/L”. Portanto
115 conclui “que se a classificação de uma água como mineral passasse pelos critérios de proteção e
116 benefício à saúde humana, a concentração de fluoreto na água deveria ocorrer acima de 0,7 mg/L.”
117 (CAETANO, 2009).

118 O cloro e seus derivados são os desinfetantes mais usados no processo de desinfecção da
119 água para produção de água potável. As principais características que tornaram o cloro vantajoso,
120 para uso em larga escala no tratamento de água, são a sua efetiva capacidade para destruição de
121 muitos microorganismos, o baixo custo, a sua estabilidade química e a ação residual na rede de
122 distribuição (MENEZES *et al.*, 2012). Após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de
123 cloro residual de 0,5 mg/L, sendo obrigatório a manutenção de no mínimo 0,2 mg/L, em qualquer
124 ponto da rede de distribuição (MINISTERIO DA SAÚDE, Portaria 518 Art. 13).



125 O teor de cloro em água pode ser determinado por titulação clássica, método colorimétrico.
126 Como na colorimetria a determinação se dá pelo monitoramento da variação da cor durante a
127 titulação, a determinação do teor de cloro também pode ser acompanhada por imagens digitais. As
128 imagens digitais podem ser capturadas por diversos aparelhos, incluindo câmeras de vídeo,
129 scanners, aparelhos de raios-X, como também webcams e telefones celulares com câmeras.

130 No campo da química analítica, diversos trabalhos foram publicados na literatura,
131 envolvendo o uso de imagens digitais obtidas a partir de alguns destes aparelhos eletrônicos. Muitos
132 métodos químicos podem gerar dados a partir de imagens. Para alguns autores a relação entre
133 imagem e as propriedades físico-químicas de um objeto em estudo é dependente do comportamento
134 do espectro no sistema de imagem.

135 Muitos tipos de parâmetros físicos (variáveis) podem ser determinados por imagens. A
136 maneira mais comum de determinar a quantidade da substância colorida é através do uso de
137 espectrofotômetros que operam nas regiões do ultravioleta e visível do espectro eletromagnético.

138 A aplicação da imagem digital como um detector para reações colorimétricas mostrou um
139 grande potencial para medidas que envolvam a produção química da mudança de cor, oferecendo
140 uma alta produção de medidas em análises qualitativas e quantitativas. A viabilidade de algumas
141 técnicas requer uma variação dos componentes RGB da imagem e uma descontinuidade nas curvas
142 de titulação onde está o ponto final associado à condição de equivalência química.

143 Neste contexto o presente trabalho visa detectar quaisquer riscos de periculosidade que o
144 manuseio errôneo dos agentes desinfetantes pode causar a sociedade, utilizando para isto
145 metodologia baseada em imagens digitais (do inglês: Digital Image-Based) capturadas por câmera
146 de celular. Todos os agentes químicos utilizados para a desinfecção têm a função precípua de
147 controlar doenças de veiculação hídrica e inativar organismos patológicos na potabilização das
148 águas. Os desinfetantes químicos têm permitido melhora da qualidade de vida e diminuição da
149 mortalidade infantil por doenças entéricas, com uma eficiência sem precedentes na história da
150 humanidade. Por outro lado, pesquisas recentes têm mostrado que muitos desses agentes, por serem
151 oxidantes muito fortes, podem gerar alguns subprodutos da desinfecção que, apesar das pequenas
152 concentrações, podem ser danosos aos usuários de água tratadas e ao meio ambiente (REDES
153 CORPORATIVAS DE PESQUISA, 2001).

154 Concentrações acima do permitido pela legislação ambiental (CONAMA art. 48) desses
155 desinfetantes geram danos à saúde, por este motivo faz-se necessário o estudo do teor dos mesmos
156 nas águas residuais, para que haja acompanhamento de possíveis alterações na dosagem destes.



157 Dessa forma, este trabalho consiste em determinar o teor de cloro em águas residuais do
158 município de Itacoatiara por meio de imagens digitais capturadas por dispositivo móvel. E tem
159 como objetivos Específicos coletar amostras, analisar teor de cloro presentes nas amostras coletadas
160 por meio de imagem digitais e titulação clássica, compara os resultados obtidos pelas duas
161 metodologias usando ferramentas estatísticas.

162

163

164 **2. MATERIAS E MÉTODOS**

165

166 Os materiais utilizados foram: banho Maria HH/S18, marca WARMNESTEST, 220 volts;
167 estufa marca SPLABOR SP400/4, 110 volts; balança analítica da marca Shimadzu; agitador
168 magnético marca IKA, modelo SQUID WHITE, 110V; solução de Cromato de Potássio; solução de
169 Cloreto de sódio e solução de Nitrato de Prata 0,0280 mol L⁻¹.

170 A metodologia para determinação do teor de cloro em água residual envolveu as seguintes
171 etapas: (1) Aquisição da água de abastecimento; (2) Preparação da amostra de laboratório, (3)
172 Montagem do sistema de captura de imagens digitais, (4) Titulação clássica e (5) Captura das
173 imagens.

174

175 **2.1. Aquisição da água residual**

176 As amostras brutas foram coletadas nos horários de 5:37h e as 18:43h no dia 11 e
177 28/11/2014. E no dia 13/12/2014 as 5:45h e 19:03h nos respectivos Bairro Jaúary (Centro) e Jardim
178 Florestal adquiridas em residências da cidade de Itacoatiara e acondicionadas em local apropriado.

179

180 **2.2. Preparação da amostra de laboratório**

181 As amostras passaram por um processo de filtragem antes de serem analisadas, devido a
182 presença de impurezas que se depositaram no fundo do frasco.

183

184 **2.3. Sistema de captura**

185 A **Fig. 1** apresenta o sistema de captura de imagens digitais utilizado na obtenção das
186 imagens a serem analisadas. Como pode ser visto, o sistema é constituído de um celular e uma
187 cubeta que conteve a amostra. A caixa continha iluminação interna própria, mantendo-a assim com
188 iluminação controlada durante todo o procedimento.



189

190 2.4 Titulação Clássica e Obtenção das Imagens

191 Para titular as amostras, foram preparadas previamente as soluções de nitrato de prata
192 (AgNO_3) $0,0280 \text{ mol L}^{-1}$, cromato de potássio (K_2CrO_4) a 10% como indicador e cloreto de sódio
193 (NaCl). O procedimento foi realizado utilizando a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL,
194 2005).

195 A titulação clássica foi realizada fora do sistema de captura descrito anteriormente. Durante
196 a titulação uma alíquota da solução foi retirada e inserida na cubeta para que uma imagem fosse
197 capturada a cada volume de titulante (AgNO_3) adicionado. Após a obtenção da imagem, o volume
198 retirado era devolvido a solução matriz e, assim sucessivamente até o termino da mesma.

199 As imagens foram obtidas mesmo após a observação do ponto de viragem. Isso foi
200 realizado para se obter posteriormente uma curva mais acentuada. Foram obtidas 35 imagens em
201 cada titulação, resultando no total de 105 imagens para cada amostra.

202

203 2.5 Tratamento e Processamento das Imagens

204 As imagens foram tratadas por um software, ImageJ, para obtenção das componentes RGB.
205 E essas componentes foram convertidas em uma nova informação a partir da expressão dada pela
206 Equação 1 que nada mais é do que a norma (N) dos vetores R, G e B.

$$207 \quad N = \sqrt{\bar{R}^2 + \bar{G}^2 + \bar{B}^2} \quad (1)$$

208 Os valores médios das componentes R, G e B são obtidos a partir de uma área selecionada de
209 cada imagem capturada onde a cor da solução resultante em cada adição do titulante se apresentava
210 mais uniforme. Terminada a titulação, foram construídas curvas registrando-se os valores da norma
211 em função dos volumes adicionados de titulante. Em seguida derivou-se as curvas obtendo-se a
212 primeira derivada da curva dos valores da norma das componentes RGB versus volume de titulante
213 adicionado.

214 O parâmetro analítico utilizado para determinar o teor de cloro nas amostras foi obtido a
215 partir do valor máximo da primeira derivada projetado na abscissa.

216

217



218 3. RESULTADOS

219

220 Para a amostra do bairro Jaúary, as concentrações de cloro foram respectivamente: 7,55 mg
221 L⁻¹ (manhã) e 8,14 mg L⁻¹ (noite). Para a amostra do bairro Jardim Florestal: 3,24 mg L⁻¹ (manhã) e
222 3,24 mg L⁻¹ (noite) usando a metodologia titulação clássica.

223 Enquanto os métodos por captura de imagens com dispositivo móvel (DIB) e visual os
224 resultados obtidos foram respectivamente descritos na **Tabela I**.

225 O desvio padrão obtidos pelo método de captura de imagens com dispositivo móvel (DIB),
226 apresentaram os seguintes resultados: Jaúary 0,075 (manhã) e 0,050 (noite). Para a amostra do
227 bairro Jardim Florestal: 0,046 (manhã) e 0,035 (noite). E para análise clássica os respectivos
228 resultados foram: Jaúary 0,050 (manhã) e 0,070 (noite). Para o Jardim Florestal: 0,042 (manhã) e
229 0,031 (noite).

230

231

232 4. DISCUSSÕES

233

234 Antes de dar início a titulação das amostras por captura de imagens usando dispositivo
235 móvel (DIB), foi realizada uma titulação prévia para estimar, aproximadamente, o volume
236 necessário do titulante usado nitrato de prata (AgNO₃). Os primeiros resultados da análise por
237 titulação clássica foram descartados, pois as amostra estavam bastante turva (barrentas) e o reagente
238 AgNO₃ utilizado no momento da prática estava com validade vencida, sendo estas umas das
239 hipóteses para a interferências nas obtenção dos primeiros resultados. Após as observações e
240 correções necessárias (reagente substituído e filtração da amostra, novas coletas) foi possível chegar
241 a um resultado satisfatório na da primeira análise.

242 De posse dessa informação, foram feitos planejamentos dos volumes de titulante a serem
243 adicionados antes, no entorno e após o ponto final de titulação para construir as curvas da norma
244 versus volume do titulante adicionado, para o caso da titulação baseada em imagens digitais (DIB).

245 Terminada a titulação, foi construída uma curva obtida através dos resultados do padrão
246 corrigido registrando-se a norma das componentes RGB em função dos volumes adicionados de
247 titulante nitrato de prata (AgNO₃), como pode ser observada na **Figura 2**. Se uma curva sigmóide é
248 obtida, o ponto final é encontrado graficamente no ponto de inflexão.



249 Esse método tem problemas de exatidão na localização do ponto final de titulação,
250 principalmente quando a curva sigmóide não é bem definida (SKOOG, 2006).

251 Derivou-se as curvas apresentadas na **Figura 2** obtendo-se as curvas apresentadas nas
252 **Figuras 2.1 e 2.2**.

253 **A Fig. 2.1** Consiste em traçar uma curva da razão entre a variação da norma e a variação do
254 volume adicionado da solução titulante versus o volume médio entre cada adição (SKOOG, 2006).

255 O parâmetro analítico utilizado para determinar o teor de cloro em água residencial na
256 cidade de Itacoatiara-AM foi obtido partir do valor máximo da primeira derivada, **Figura 2.1**
257 projetado na abscissa e da segunda derivada **Figura 2.2** que serve como um complemento de
258 confirmação dos resultados do ponto final de titulação.

259 Na **Tabela I** são apresentados os resultados do teor de cloro utilizando as duas
260 metodologias, titulação clássica e titulação baseada em imagens digitais (DIB).

261 Para as análises visuais, os volumes gastos da solução do titulante foram pequenos para
262 ambas as amostras, considerando assim, uma concentração normal de teor de cloro nas mesmas.
263 Entretanto por imagens digitais os resultados apresentaram uma pequena diferença em relação ao
264 método clássico, apesar da divergência de valores ambos os resultados estão em conformidade com
265 a CONAMA sendo o resultado acima do valor mínimo de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$.

266 Em suma o método DIB em comparação com o método de titulação clássica é uma
267 ferramenta analítica profícuo, por sua ampla aplicação em análises químicas, pelo baixo custo e
268 facilidade de operação, entretanto, requer aperfeiçoamento no tratamento das imagens para
269 diminuição dos erros instrumentais e operacionais, facilitando a obtenção de resultados confiáveis e
270 precisos.

271

272

273 **5. CONCLUSÃO**

274

275 Este trabalho demonstrou a viabilidade da metodologia baseada em imagens digitais na
276 determinação da qualidade da água distribuída para consumo humano, através da comparação com o
277 método clássico. Essa metodologia requer baixo custo de implementação e evita os erros visuais e,
278 conseqüentemente, torna possível a obtenção de resultados mais confiáveis. Entretanto, vale
279 salientar que os resultados obtidos podem ser melhorados com alguns ajustes na câmera do



280 dispositivo e iluminação interna do sistema de captura de imagens. Também pela automação na
281 seleção da região de interesse em cada imagem capturada, diminuindo assim, o erro durante a
282 análise.

283

284

285 **6. AGRADECIMENTOS:**

286

287 A UFAM, em especial ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia - ICET por contribuir
288 grandiosamente para a minha formação, ao grupo de pesquisa GAIAQ, por ceder gentilmente um espaço
289 no laboratório para a realização deste projeto, a FAPEAM e ao CNPq pela bolsa e apoio financeiros
290 concedidos.

291

292

293 **7. REFERÊNCIAS**

294

295 AGUIAR, C.A.C et al.; Higienização e potabilidade da água: a água como tema gerador de
296 conceitos. Universidade Federal de Uberlândia – UFU. v. 7, 2008.

297 ALVARENGA, J.A.; Avaliação da formação de subprodutos da cloração em água para consumo
298 humano. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio
299 Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG,
300 2010.

301 BRASIL. Ministério da Saúde. Potenciais fatores de risco à saúde decorrentes da presença de
302 subprodutos de cloração na água utilizada para consumo humano. Brasília: Funasa, 2007.

303 BRASIL. Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e
304 responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e
305 seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União, n. 59, Brasília, 25
306 mar. 2004. Seção I.

307 CAETANO, L.C.; Relatório técnico 57 perfil da água mineral. Ministério de Minas e Energia –
308 MME. Secretaria de geologia, mineração transformação mineral-SGM. CONTRATO Nº
309 48000.003155/2007-17: Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal (2010
310 - 2030) de geologia, mineração e transformação mineral. Minas Gerais- 2009.



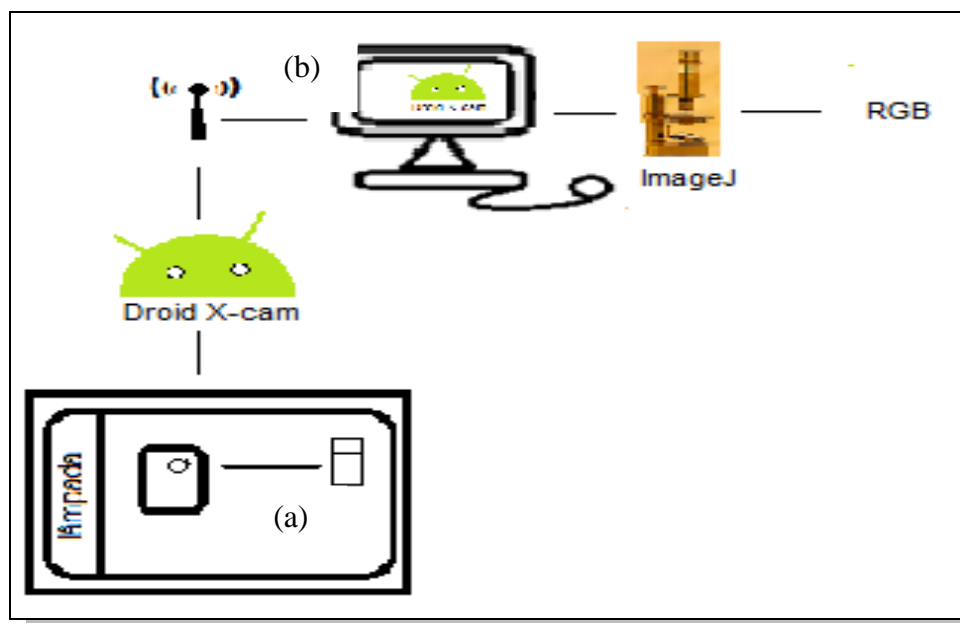
- 311 FURLAN, R. L et al., Efeito da cloração da água de beber e do nível energético da ração sobre o
312 ganho de peso e consumo de água em frangos de corte. Rev. bras. zootec., v.28, n.3, p.542-547,
313 1999.
- 314 MENEZES, J.C.S et al.; A importância da análise da química da água como fator de gerador da
315 saúde populacional. Educação e Ensino de Ciências Exatas e Biológicas. UFS, 2012.
- 316 MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria 518, de 25 de março de 2004.
- 317 REDES ORPORATIVAS DE PESQUISA; Métodos alternativos de desinfecção da água. 1ª ed.
318 Processo de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. São Carlos –
319 SP, 2001.
- 320 RESOLUÇÃO CONAMA; Conselho nacional do meio ambiente. §II do art. 7º do Decreto nº
321 88.351, de 1º de junho de 1983, alterado pelo Decreto nº 91.305, de 3 de junho de 1985, e o art.
322 48. nº 001-A, de 23 de janeiro de 1986.
- 323 SCURACCHIO, P.A.; Qualidade da água utilizada para consumo em escolas no município de São
324 Carlos – SP. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição.
325 Araraquara – São Paulo-SP, 2010.
- 326 SKOOG, D. A. *et al.* **Fundamentos de química analítica** 8ª ed. São Paulo Thomson, 2006.
- 327 SOUSA, T.G.S. Água potável garantia de qualidade de vida. Educação ambiental. Universidade
328 Federal do Piauí-UFPI, 2000.
- 329 INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e
330 físicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2005.
- 331 LYRA, W. S.; SANTOS, V. B. S.; DIONÍZIO, A. G. G.; MARTINS, V. L.; ALMEIDA, L. F.;
332 GIÃO, E. N. DINIZ, P. H. G. D.; SILVA, E. C.; ARAÚJO, M. C. U. Digital image-based flame
333 emission spectrometry. Talanta, 77 (2009), 1584-1589.
- 334

335 ANEXO

336

337 A Figura representada abaixo ilustra o sistema de captura de imagens digitais utilizado na
 338 obtenção das imagens a serem analisadas RGB.

339



340

341

Figura 1. Imagem interna (a) e externa (b) da caixa em fôrmica do sistema de captura, com tampa superior para isolar a amostra de iluminação externa.

342

343

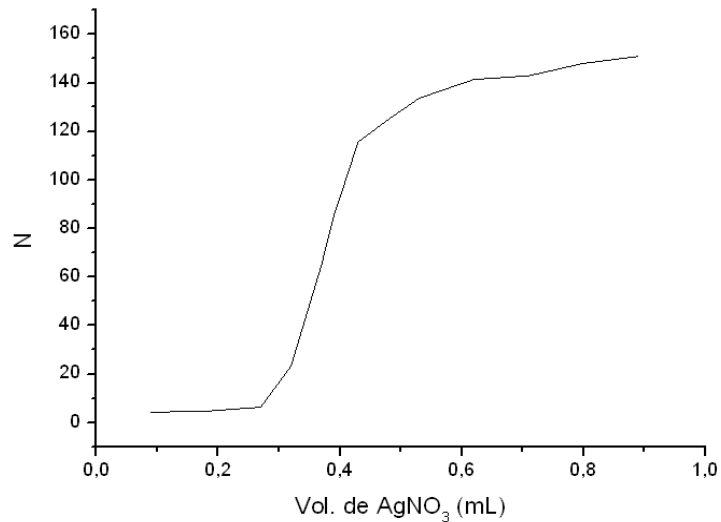
344 **Tabela I.** Resultados obtidos da concentração de cloro analisado pela metodologia baseada
 345 em imagens digitais (DIB) e por titulação clássica.

Concentração de Cl ¹ (mg.L ⁻¹)			
Bairros	Turnos	Clássica	RGB
Jaúary	Manhã	6,87	7,49
	Noite	7,94	8,47
Jardim Florestal	Manhã	2,98	3,23
	Noite	4,57	4,76

346

347

348 A figura consiste em traçar uma curva da norma medida versus o volume do titulante
349 adicionado em cada etapa da titulação.



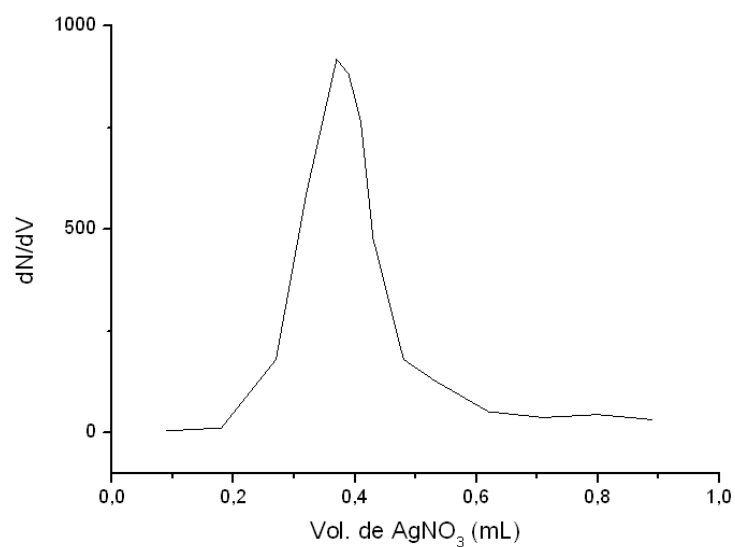
350

351 **Figura 2.** Curva dos valores da norma versus volume do titulante adicionado

352

353

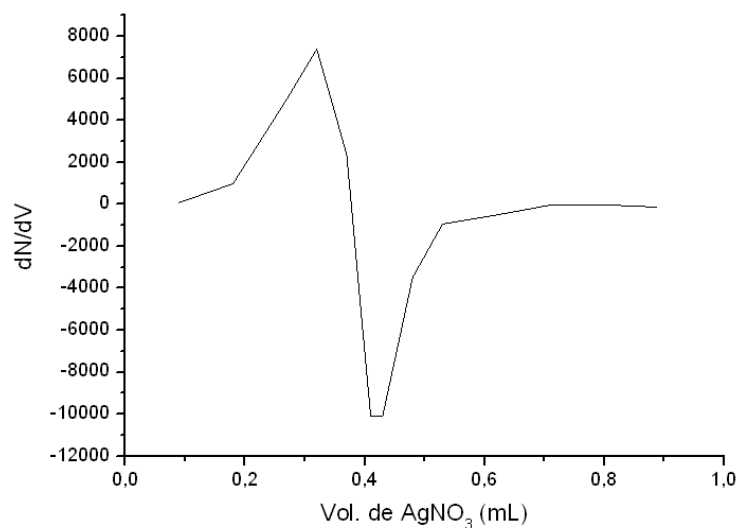
354 A figura 2.1 representa a curva obtida e a localização do ponto final de titulação onde traçar
355 uma curva da razão entre a variação do volume adicionado da solução titulante versus o volume
356 médio entre cada adição.



357

358 **Figura 2.1.** Curva da primeira derivada da curva dos valores da norma das componentes
359 RGB versus volume de titulante adicionado

360 A figura representada abaixo consiste em traçar uma curva da razão entre a variação do
361 volume médio contra a média do volume médio.



362

363

Figura 2.2. Curva da segunda derivada versus volume do titulante