



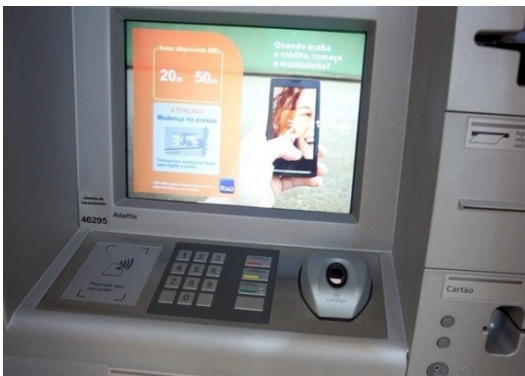
Sistema Adaptativo de Reconhecimento Biométrico por Impressão Digital

Fernanda Baumgarten Ribeiro do Val e Priscila Ribeiro Marcelino

Orientador: João José Neto

Introdução

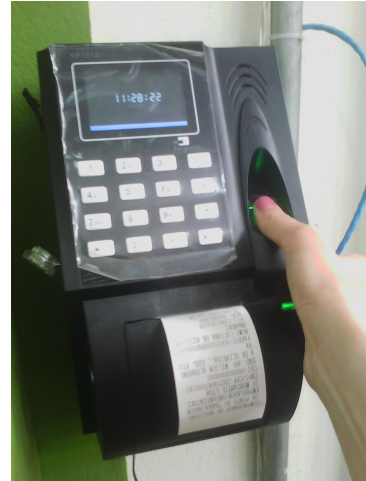
Identificação biométrica, em especial por impressão digital, tem se popularizado cada vez mais.



Porém o mercado brasileiro ainda carece de bons algoritmos.

Objetivo

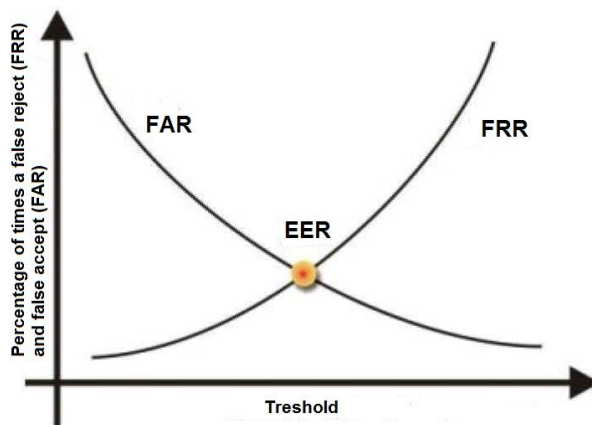
Desenvolver um algoritmo de reconhecimento por impressão digital e aplicar técnicas adaptativas a fim de ajustar a aplicação conforme sua finalidade.



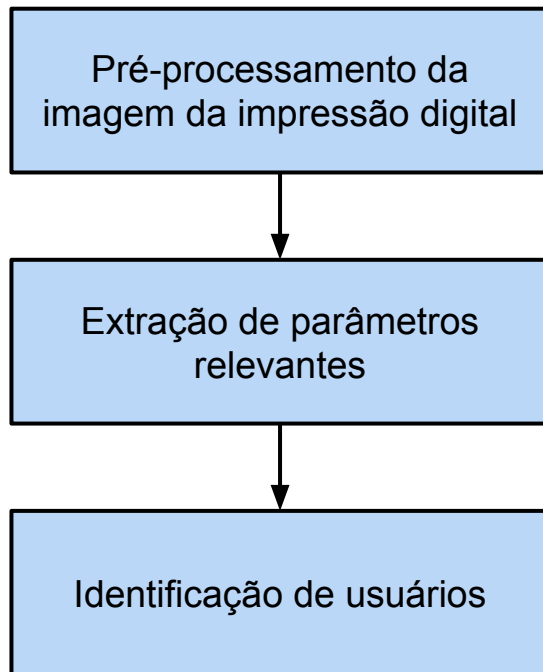
Métricas

Taxa de falsa aceitação (FAR – False Acceptance Rate): indica a frequência com que o sistema aceita pessoas não cadastradas.

Taxa de falsa rejeição (FRR – False Rejection Rate): indica a frequência com que usuários cadastrados são rejeitados.



Principais etapas do sistema

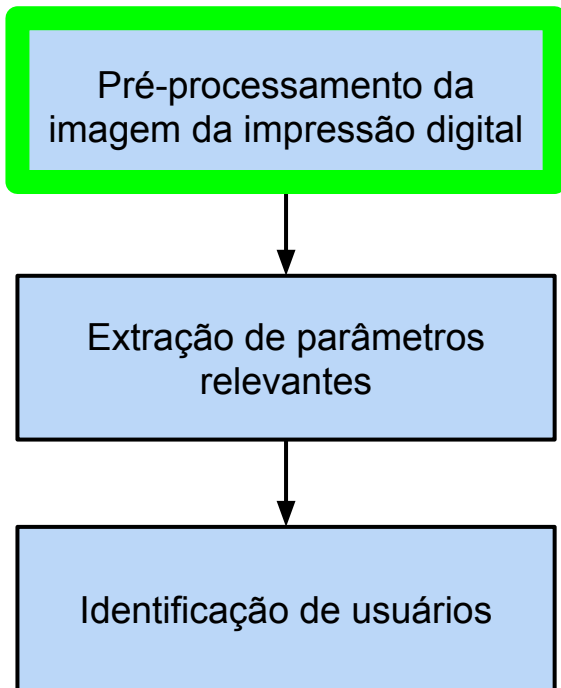


Tratamento da imagem da digital a fim de melhorar sua qualidade

Identificação de características e geração de *template*, que individualiza cada pessoa

Comparação entre *template* de entrada e demais cadastrados no sistema, tomando decisão de aceitação ou rejeição do usuário

Principais etapas do sistema

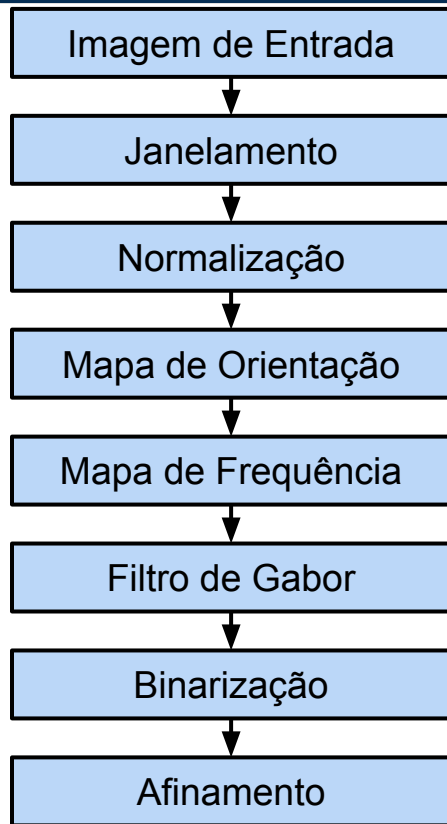


Tratamento da imagem da digital a fim de melhorar sua qualidade

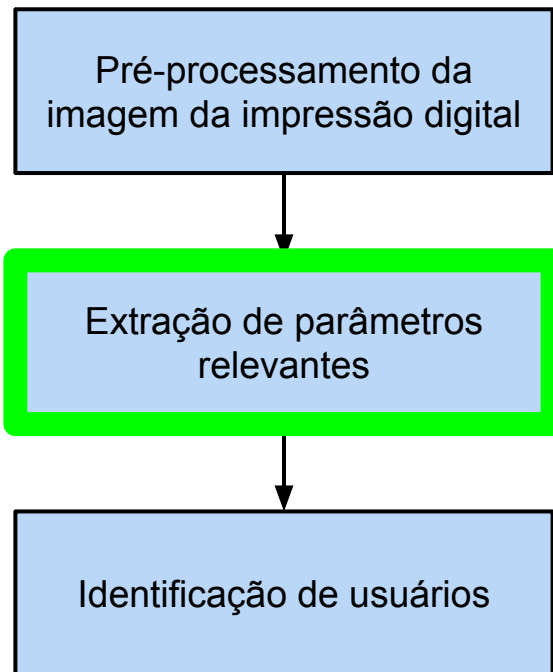
Identificação de características e geração de *template*, que individualiza cada pessoa

Comparação entre *template* de entrada e demais cadastrados no sistema, tomando decisão de aceitação ou rejeição do usuário

Fluxograma do pré-processamento



Extração de parâmetros relevantes

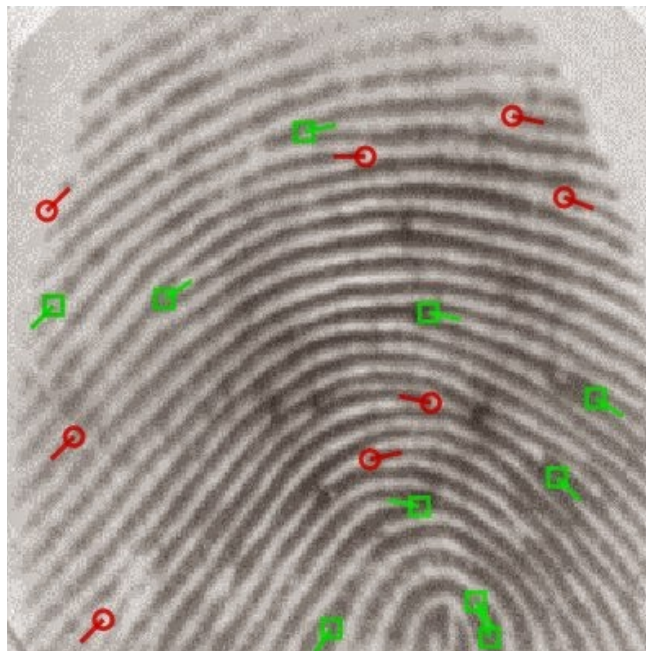
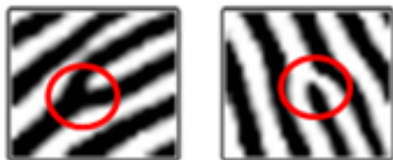


Extração de parâmetros relevantes

Com a imagem tratada, é feita a extração de parâmetros relevantes da digital (minúcias).

Cada minúcia possui:

- coordenada X
- coordenada Y
- orientação Theta
- nota de qualidade



Extração de parâmetros relevantes

Máscaras utilizadas para identificar minúcias:

Terminação



Terminação



Bifurcação



Bifurcação



Bifurcação



Bifurcação



Bifurcação



Bifurcação



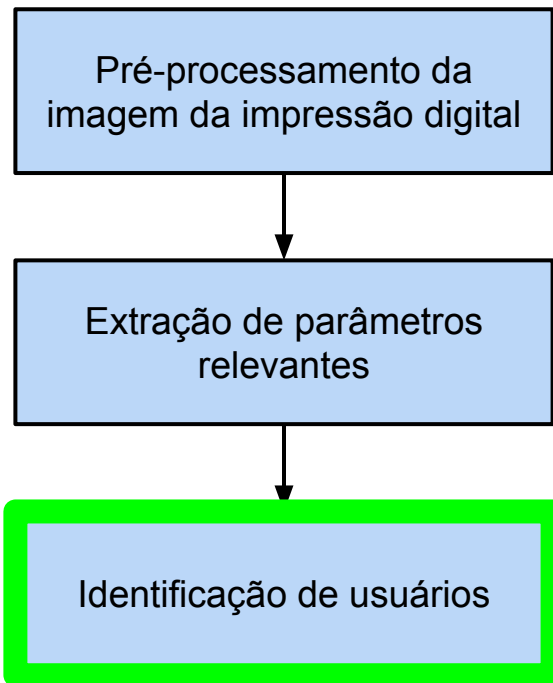
Bifurcação



Bifurcação



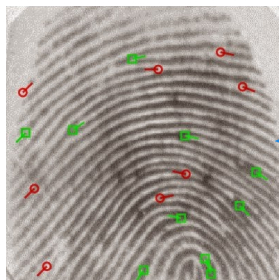
Identificação de usuários



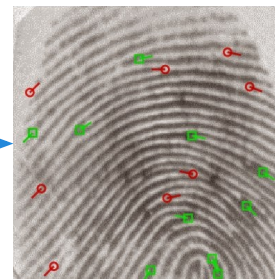
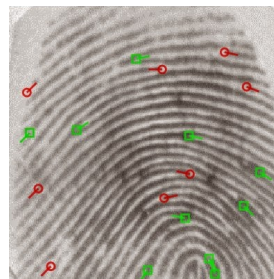
Identificação de usuários

- Comparação da imagem de entrada com todos os templates cadastrados
- Se ao menos uma nota de similaridade for alta, usuário é aceito

Templates com baixa similaridade



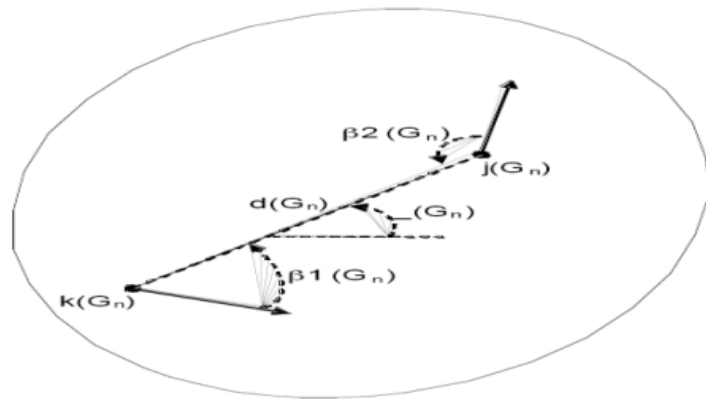
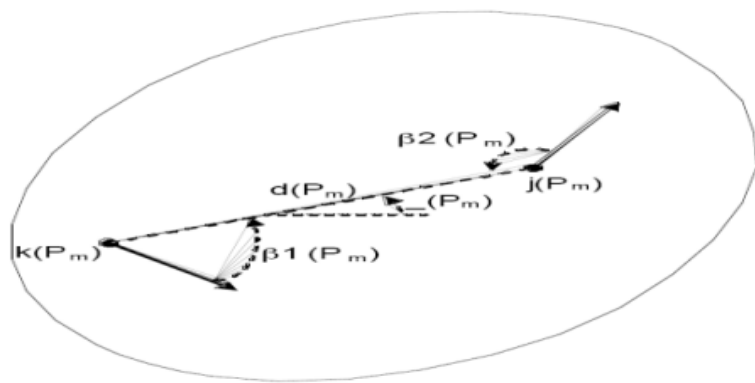
Templates com alta similaridade



Usuário aceito!

Comparação entre *Templates*

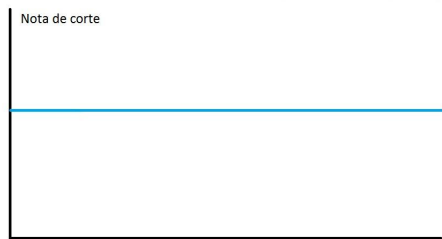
Combinação em pares de minúcias (distância e orientação relativas) para cada template e comparação entre esses pares.



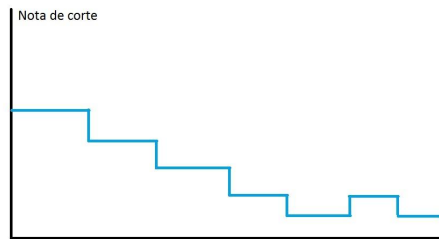
Como resultado é gerada uma nota de similaridade entre templates.

Ajuste Dinâmico de Nota de Corte

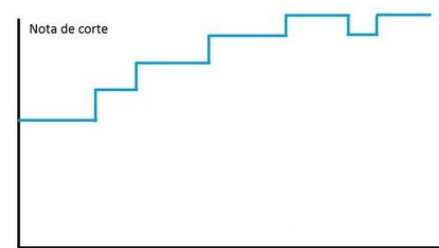
- 3 Modos
 - **“Normal”**: nota de corte fixa
 - **Tolerante**: limita taxa de falsa rejeição
 - **Rigorous**: limita taxa de falsa aceitação
- Ajuste baseado em *feedback* enviado pelo operador do sistema: notas de corte sofrem ajuste após decisão errônea



Padrão



Tolerante

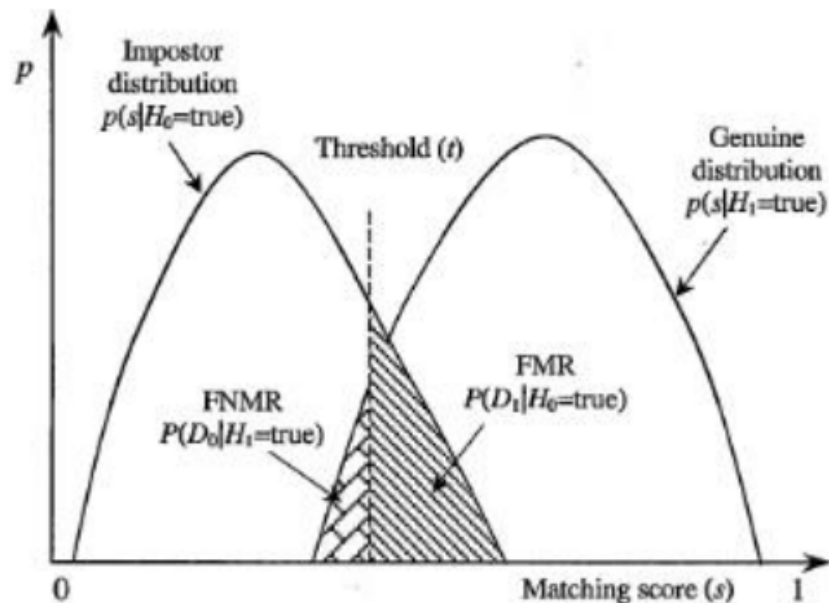


Rigorous

Ajuste dinâmico de nota de corte

O ajuste dinâmico da nota de corte visa limitar a métrica mais prioritária de cada sub-sistema.

Sistema auto-define ponto de operação, de forma a satisfazer meta pré-definida.



Interface Gráfica

Exibe etapas do algoritmo e melhoria comparativa vs algoritmos tradicionais:

FPoli - Pagina inicial Escola Politécnica da Universidade de Sao Paulo

Algoritmo

- >Janelamento
- >Normalização
- >Gabor
- >Binarização
- >Minúcias
- >Matching

Métricas

Upload de Imagem  **Executar**

fingerprints/original.tif

Etapa Anterior **Etapa: Normalização** **Próxima Etapa**

***Sem pré-processamento**
***Sem Adaptatividade**



***Com pré-processamento**
***Sem Adaptatividade**



***Com pré-processamento**
***Com Adaptatividade**



				Tolerante	Padrão	Rigoroso	
Tempo etapa		Tempo etapa	0,31 ms	Tempo etapa	0,35 ms	0,35 ms	0,35 ms
Resultado	false	Resultado	false	Resultado	false	false	false
Tempo total	316,45 ms	Tempo total	310,63 ms	Tempo total	464,03 ms	459,20 ms	464,94 ms
Nº Minúcias	45	Nº Minúcias	73	Nº Minúcias	70	70	70
Qualidade min	43,95	Qualidade min	42,93	Qualidade min	49,98	49,98	49,98

Feedback ☐ Usuário não cadastrado ☐ Usuário cadastrado **Enviar feedback**

Resultados

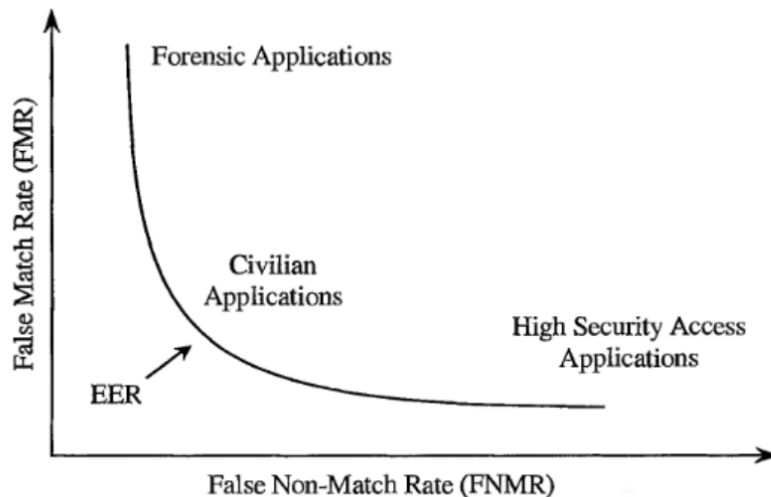
	Tolerante	Padrão	Rigorouso
% falsa aceitação	14,89	8,95	4,76
% falsa rejeição	15,18	27,67	29,09
tempo médio	671,70 ms	653,84 ms	669,75 ms

- *Trade-off* entre métricas (já esperado)
- Sistema tolerante obteve a melhor *FRR* e rigoroso, a melhor *FAR*

Conclusão

Inovação: ajuste dinâmico de cada instância da aplicação conforme finalidade.

Aplicações podem ser personalizadas e não ficam limitadas às configurações padrão de mercado.



Trabalhos Futuros

- Ajuste dinâmico de outros parâmetros
- Nota de corte personalizada para cada usuário
- Modificações na digital do usuário alteram seu cadastro no sistema de forma transparente
 - Cicatrizes e/ou envelhecimento

Dúvidas?

Obrigada

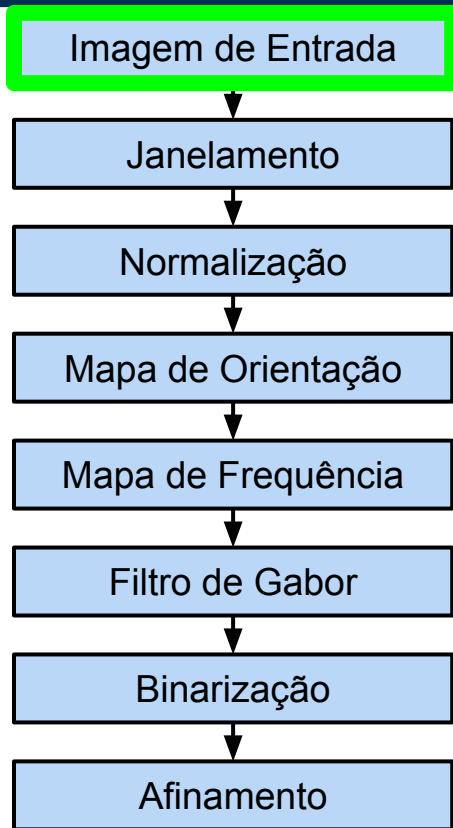
Fernanda Baumgarten Ribeiro do Val

Priscila Ribeiro Marcelino

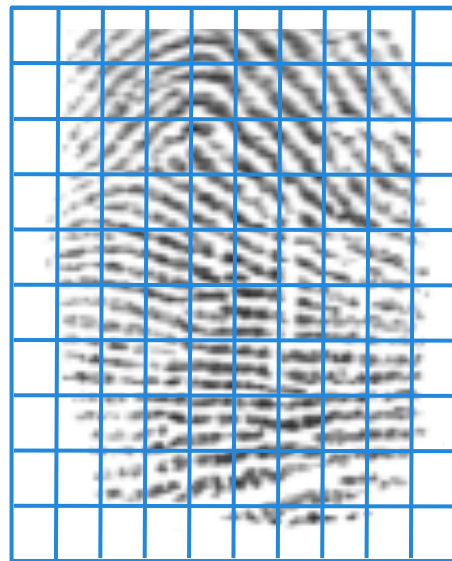
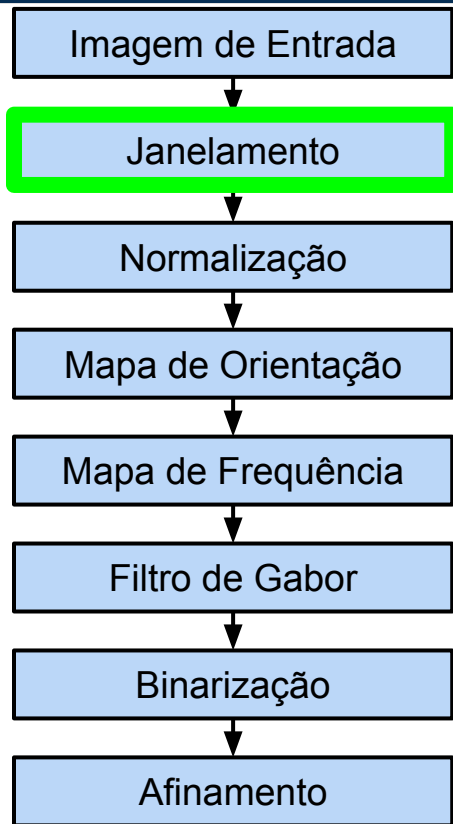
Orientador: João José Neto

Apêndices

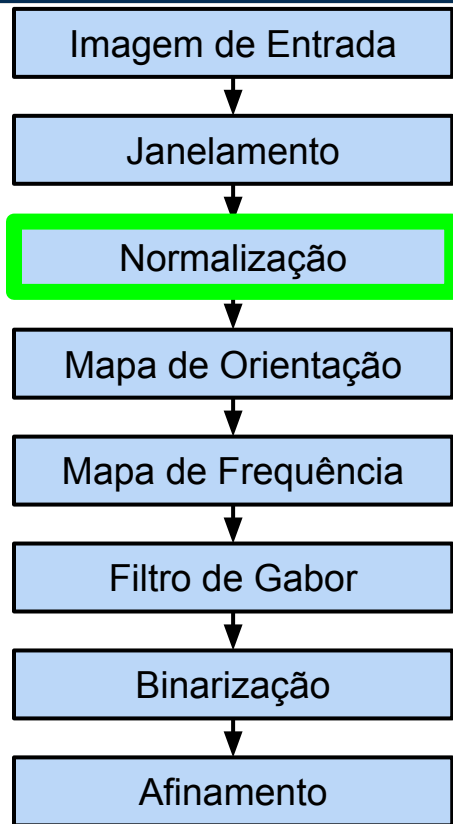
Fluxograma do pré-processamento



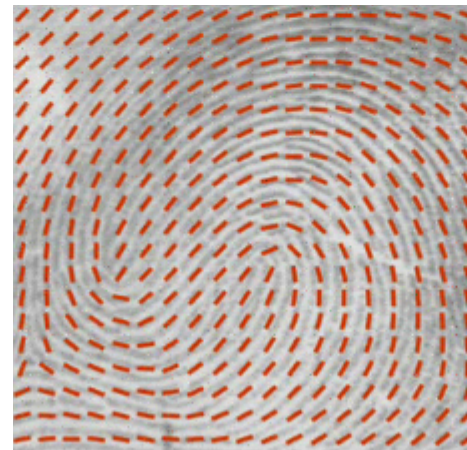
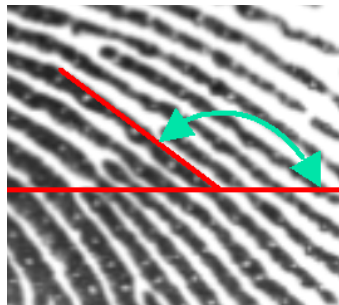
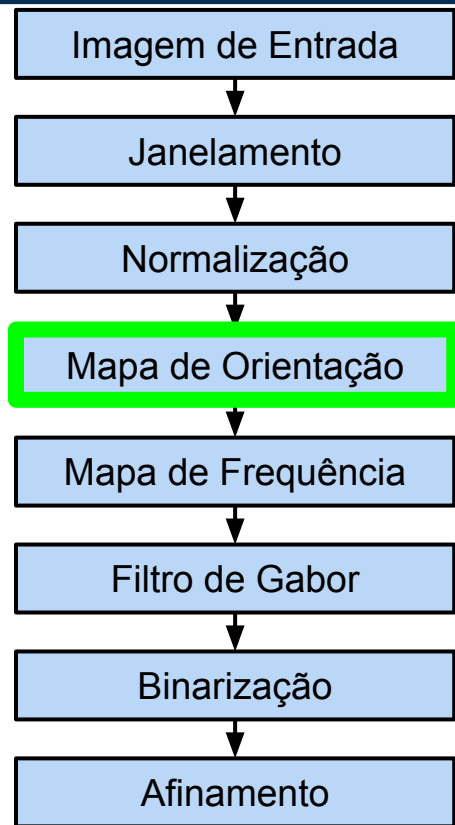
Fluxograma do pré-processamento



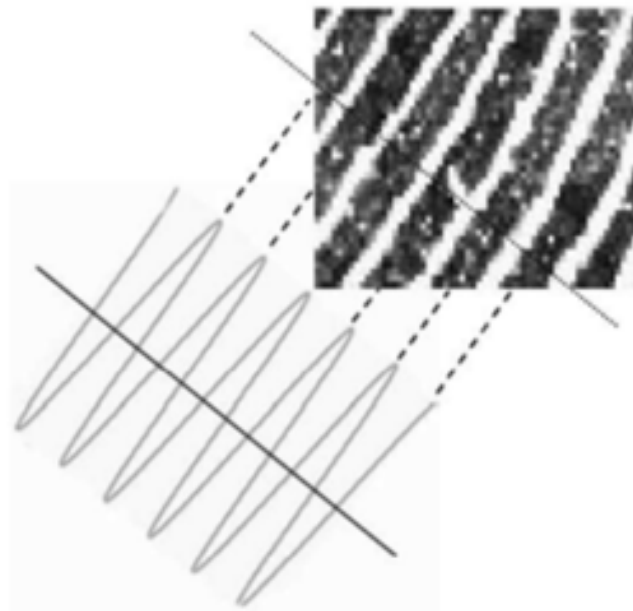
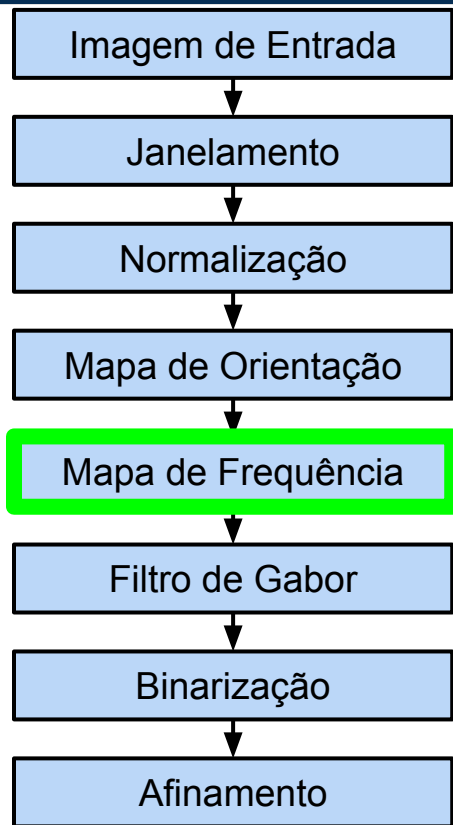
Fluxograma do pré-processamento



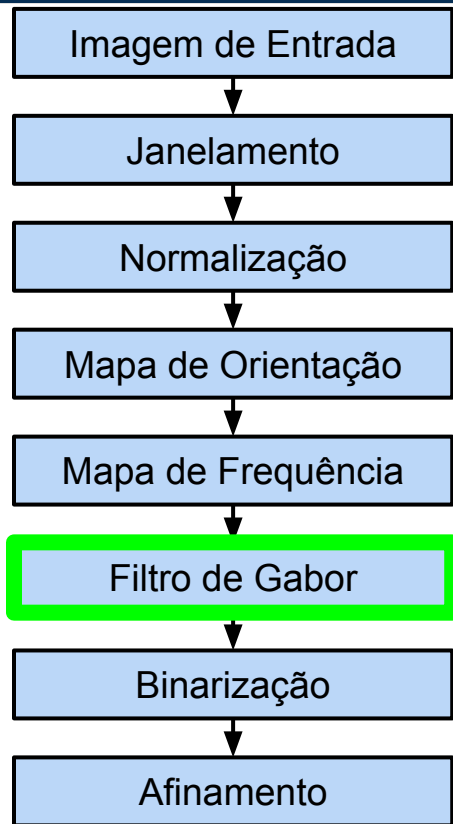
Fluxograma do pré-processamento



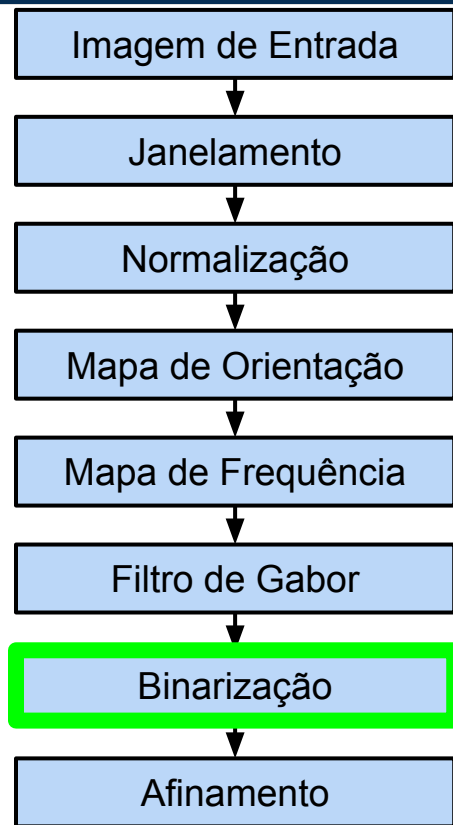
Fluxograma do pré-processamento



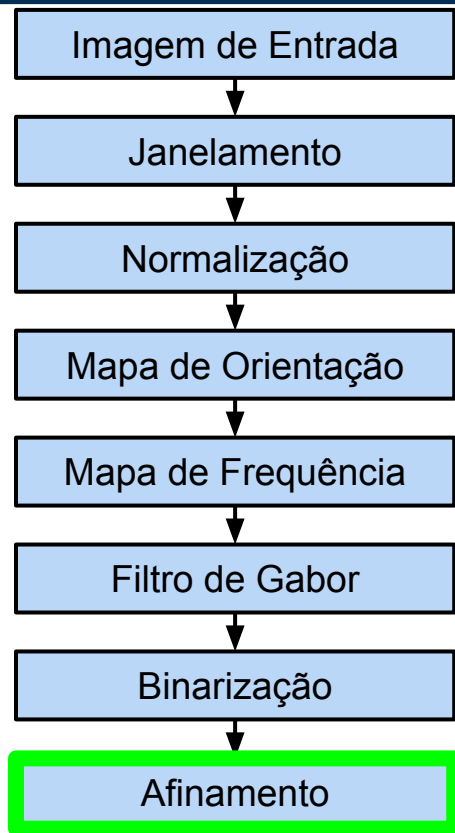
Fluxograma do pré-processamento



Fluxograma do pré-processamento

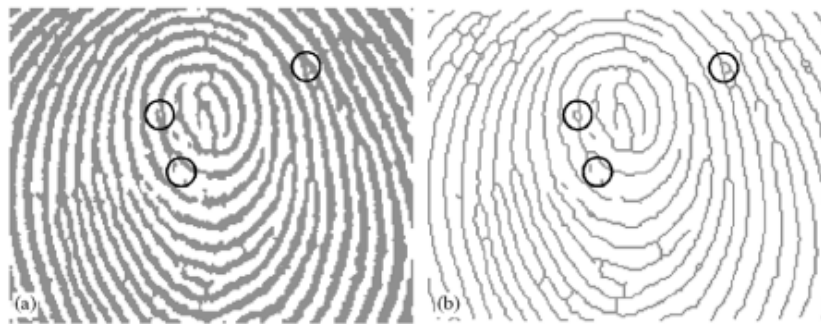


Fluxograma do pré-processamento

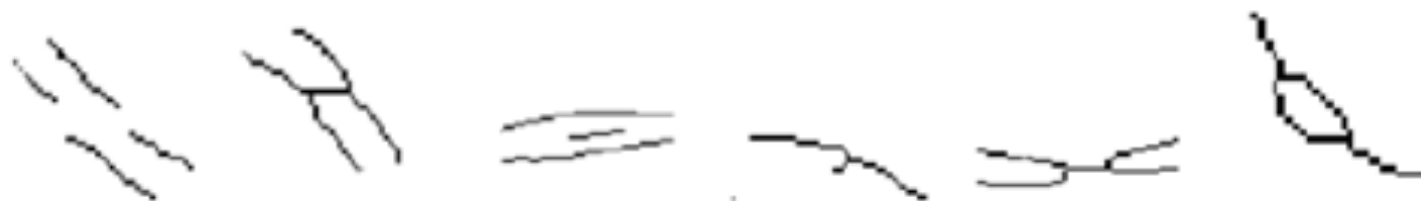


Eliminação de falsas minúcias

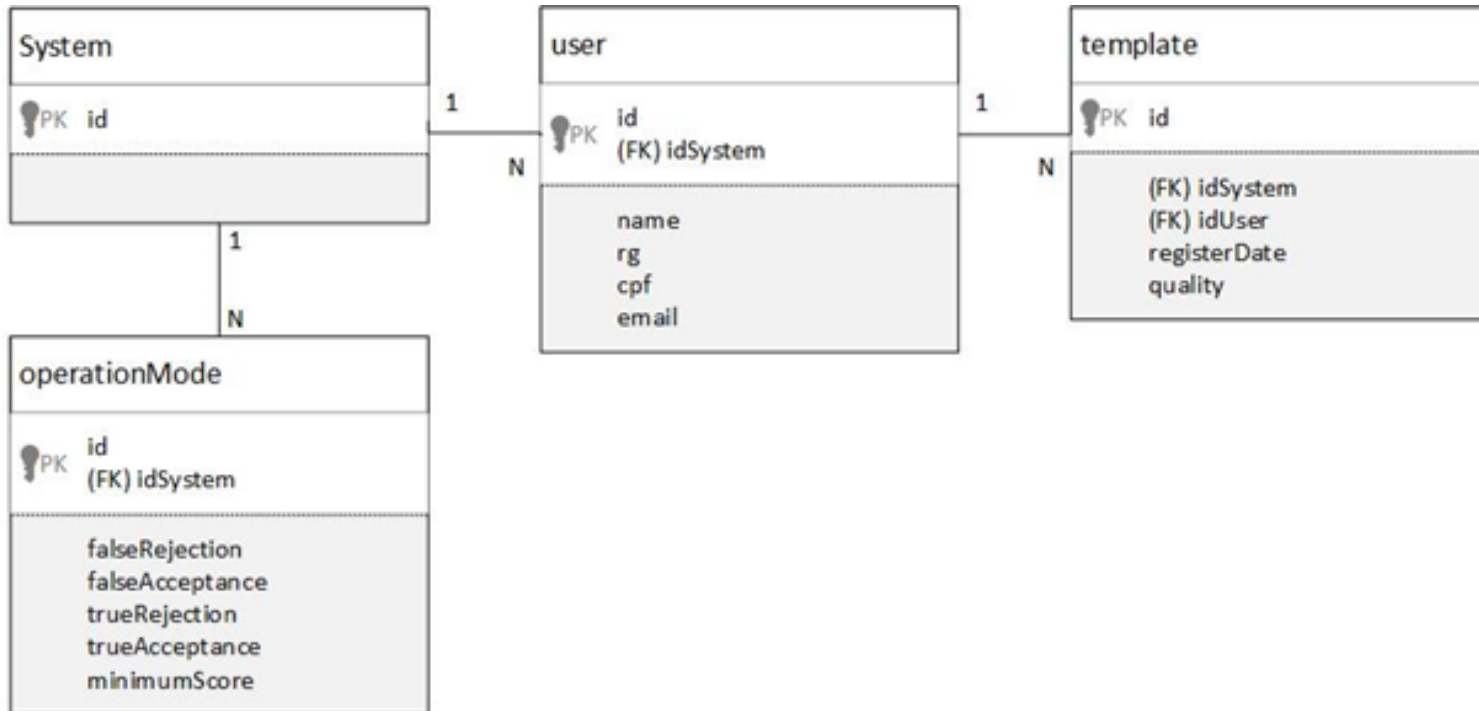
Falsas minúcias são geradas no afinamento:



Tipos de falsas minúcias, que precisam ser desconsideradas:



Banco de Dados



Implementação

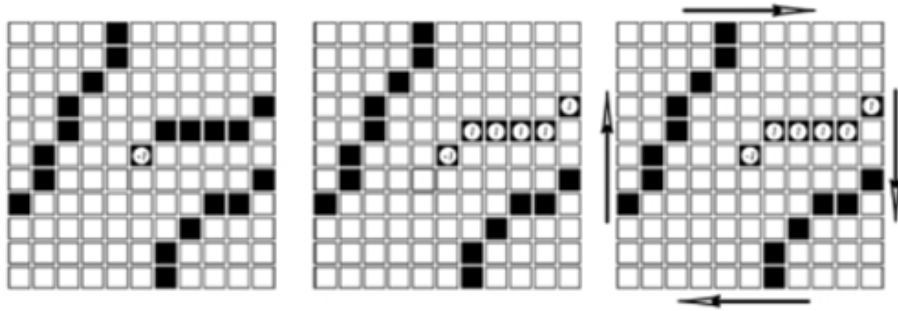
- Eclipse
- Qt Creator
- SQLite
- OpenCV
- NIST Biometric Image Software

Conceitos básicos do projeto

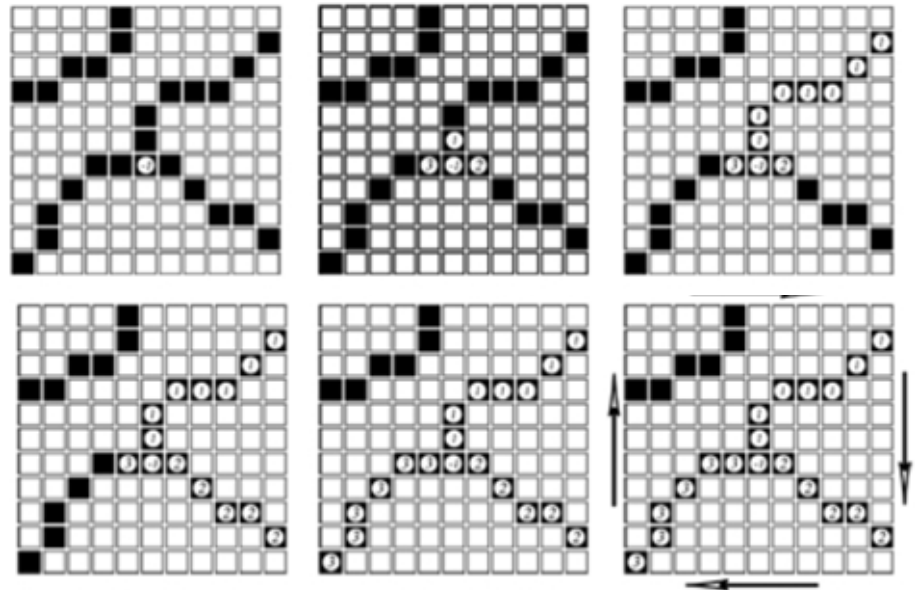
- **Reconhecimento de padrões:** Reconhecimento de Padrões busca classificar objetos em categorias ou classes. Dados de entrada são selecionados a fim de extrair-se os atributos relevantes ao reconhecimento de padrão. A partir de regras, é possível utilizar esses atributos para a classificação dos objetos.
- **Adaptatividade:** é uma característica associada ao comportamento automodificável de um sistema computacional. Este comportamento, autônomo, ocorre em resposta a estímulos de entrada e ao histórico de operação desses sistemas.

Algoritmos para eliminação de falsas minúcias

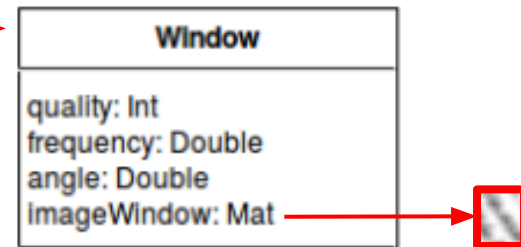
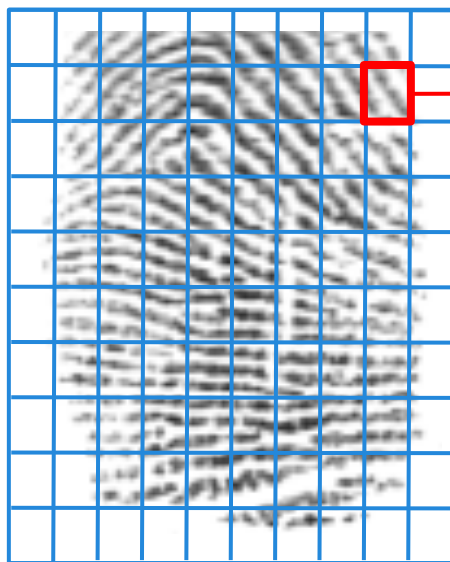
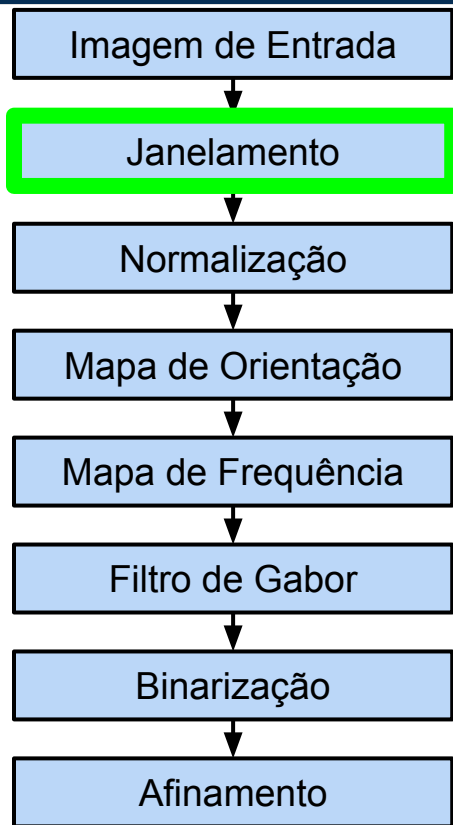
Terminações:



Bifurcações:



Fluxograma do pré-processamento



Resultado da FVC

Algorithm	Avg EER	Avg FMR 100	Avg FMR 1000	Avg Zero FMR	Avg REJ _{ENROLL}	Avg REJ _{MATCH}	Avg Enroll Time	Avg Match Time	Avg Model Size	Max Model Size	Max Enroll Mem	Max Match Mem
P009	3.51%	5.21%	8.71%	12.38%	0.00%	0.00%	0.25 sec	0.22 sec	1.2Kb	2.0Kb	2844Kb	2568Kb
P107	3.69%	4.68%	6.65%	8.75%	0.00%	0.00%	0.13 sec	0.13 sec	0.2Kb	0.6Kb	1788Kb	1800Kb
P108	3.96%	6.54%	10.64%	13.12%	0.04%	0.05%	0.23 sec	0.23 sec	1.6Kb	1.6Kb	1952Kb	1976Kb
P101	4.29%	6.02%	8.91%	10.57%	0.00%	0.00%	0.09 sec	0.17 sec	1.1Kb	1.2Kb	2228Kb	3044Kb
P103	4.33%	6.66%	9.97%	13.64%	0.00%	0.00%	0.13 sec	0.14 sec	1.2Kb	2.0Kb	3572Kb	3668Kb
P097	4.86%	6.96%	10.21%	13.12%	0.00%	0.00%	0.19 sec	0.19 sec	2.0Kb	2.0Kb	2100Kb	2108Kb
P071	4.91%	8.11%	11.44%	16.16%	0.25%	0.18%	0.19 sec	0.18 sec	1.2Kb	1.7Kb	2552Kb	2424Kb
P016	5.26%	7.68%	10.46%	13.93%	0.00%	0.00%	0.17 sec	0.19 sec	1.4Kb	2.0Kb	2240Kb	3004Kb
P068	5.29%	9.85%	15.22%	20.18%	0.00%	0.00%	0.16 sec	0.18 sec	2.0Kb	2.0Kb	3448Kb	3428Kb
P049	5.64%	10.55%	17.13%	24.12%	0.00%	0.00%	0.12 sec	0.14 sec	0.5Kb	0.9Kb	1956Kb	1980Kb
P041	6.21%	10.38%	14.36%	18.09%	0.00%	0.00%	0.10 sec	0.12 sec	2.0Kb	2.0Kb	1032Kb	1068Kb
P065	6.82%	11.43%	18.65%	25.12%	0.00%	0.00%	0.15 sec	0.16 sec	0.8Kb	1.0Kb	2920Kb	3172Kb
P072	8.04%	15.19%	24.85%	28.77%	0.04%	0.05%	0.09 sec	0.10 sec	0.6Kb	1.1Kb	2104Kb	2108Kb
P067	9.05%	14.70%	19.68%	30.32%	0.04%	0.07%	0.05 sec	0.05 sec	0.2Kb	0.5Kb	1288Kb	1304Kb
P111	9.79%	27.14%	50.98%	64.79%	0.07%	10.73%	0.23 sec	0.24 sec	0.9Kb	1.6Kb	3116Kb	3128Kb
P027	11.18%	27.10%	50.13%	72.21%	0.00%	0.00%	0.18 sec	0.23 sec	1.9Kb	2.0Kb	2664Kb	3696Kb
P093	12.68%	25.43%	30.28%	44.81%	0.00%	0.00%	0.07 sec	0.10 sec	1.1Kb	2.0Kb	1176Kb	1188Kb
P105	15.05%	31.34%	41.11%	50.77%	0.07%	0.07%	0.23 sec	0.23 sec	1.0Kb	1.6Kb	3128Kb	3184Kb
P078	21.38%	44.69%	47.58%	51.53%	18.82%	21.04%	0.15 sec	0.14 sec	0.3Kb	0.8Kb	4980Kb	4936Kb
P099	26.86%	46.63%	51.48%	56.76%	0.25%	31.29%	0.17 sec	0.18 sec	0.5Kb	0.5Kb	3924Kb	5116Kb
P087	27.96%	36.66%	43.75%	52.31%	0.29%	16.53%	0.25 sec	0.27 sec	0.1Kb	0.3Kb	1924Kb	1996Kb
P006	32.71%	64.45%	70.36%	75.67%	0.00%	39.02%	0.33 sec	0.33 sec	0.5Kb	0.5Kb	2128Kb	2964Kb
P052	37.72%	58.81%	60.17%	60.98%	56.46%	55.95%	0.25 sec	-	1.9Kb	7.1Kb	5276Kb	3120Kb
P050	50.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.30 sec	-	1.3Kb	1.3Kb	4428Kb	0Kb
P104	50.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	1.55 sec	-	0.1Kb	0.9Kb	8284Kb	0Kb
P112	50.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.28 sec	-	1.3Kb	1.3Kb	5276Kb	0Kb

Cálculo da qualidade de minúcias

$$F_{\mu} = 1.0 - \frac{|\mu - 127|}{127}$$

$$F_{\sigma} = \begin{cases} 1.0 & \text{if } \sigma > 64 \\ \frac{\sigma}{64} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$R = \min (F_{\mu}, F_{\sigma}).$$

$$Q = \begin{cases} .50 + (.49 * R) & \text{if } L = 4 \\ .25 + (.24 * R) & \text{if } L = 3 \\ .10 + (.14 * R) & \text{if } L = 2 \\ .05 + (.04 * R) & \text{if } L = 1 \\ .01 & \text{if } L = 0 \end{cases}$$