RELATÓRIO TÉCNICO
Estimativa de velocidade de veículo por análise de vídeo

1. IDENTIFICAÇÃO DO RELATÓRIO

Relatório emitido pelo sistema VelozCalc 1.0, de propriedade de Oliveira & Nassif Ltda, a pedido de Advogado de Demonstração, OAB PR 00.000. O relatório contém exclusivamente a análise técnica do vídeo. A interpretação jurídica dos resultados cabe ao profissional que dele se utilizar.

Código de verificação	T3PK-AUU5
Sistema e versão	VelozCalc 1.0
Emitido em	22/10/2026, 22:09 (UTC)
Solicitante	Advogado de Demonstração, OAB PR 00.000
Processo ou identificação	Caso demonstrativo VelozCalc
Data do evento	não divulgada
Local do evento	avenida urbana, local não divulgado
Veículo analisado	Volkswagen Jetta 2011
Placa	não divulgada

A autenticidade deste relatório pode ser conferida pelo código de verificação em https://velozcalc.com.br/verificar, que informa o resultado registrado na emissão e confere se o arquivo PDF apresentado é idêntico ao emitido.

2. MATERIAL EXAMINADO

Foi examinado um arquivo de vídeo, recebido em formato digital, com as características abaixo. O hash de integridade foi calculado sobre o arquivo original no momento do carregamento no sistema e permite a qualquer interessado conferir a identidade do material examinado.

Nome do arquivo	video-demonstrativo.mp4
Hash SHA-256	494ed5e1939afbdd7a51ee72a8b8f65a69087ec9a0aff420f5846a1376dbcc5f
Tamanho (bytes)	2838699
Resolução (pixels)	1280 x 720
Taxa de quadros por segundo	15,001
Codec	h264
Total de quadros	211
Duração (s)	14,07
Taxa de quadros variável	Não detectada

Quadros repetidos em trechos com movimento	Não detectados
Data de criação registrada no contêiner	**[NÃO INFORMADO]**
Carregado no sistema em (UTC)	2026-10-08T12:44:36+00:00

3. OBJETIVO DO EXAME

O exame tem por objetivo estimar a velocidade desenvolvida pelo veículo identificado no trecho registrado pelo vídeo, com explicitação do método empregado e da incerteza associada ao resultado, de modo que as conclusões possam ser verificadas e reproduzidas por terceiros.

4. METODOLOGIA EMPREGADA

O presente exame adotou o Nível II, razão cruzada com o entre-eixos do veículo como referência, segundo a classificação de rigor metodológico adotada neste exame. A escolha do nível decorre dos dados de entrada disponíveis no caso concreto, indicados na seção de procedimentos.

A distância percorrida é determinada pelo método da razão cruzada, que dispensa medição no local dos fatos. Marcam-se, sobre a sobreposição dos quadros inicial e final, os centros dos eixos do veículo na posição inicial (pontos A e B) e na posição final (pontos C e D), colineares ao longo da trajetória. Sendo a razão cruzada conservada na projeção do espaço real para a imagem, e sendo o entre-eixos l a distância real entre A e B e entre C e D, a distância percorrida d decorre das medidas em pixels:

$$(A'B'C'D') = (|A'C'| \,/\, |B'C'|) \,/\, (|A'D'| \,/\, |B'D'|)$$

$$d = l \cdot \sqrt{[(A'B'C'D') \,/\, ((A'B'C'D') - 1)]}$$

Na versão generalizada do método, a posição de cada centro de eixo sobre a reta ajustada é tratada como variável aleatória de distribuição uniforme no intervalo marcado pelo examinador, o mesmo ocorrendo com a taxa de quadros quando informada em faixa. A velocidade passa a ser também variável aleatória, cuja distribuição é obtida por simulação de Monte Carlo sobre a expressão:

$$v = [l \times fps \,/\, (q_f - q_i)] \times \sqrt{[(d - b)(c - a) \,/\, ((b - a)(d - c))]}$$

Antes das medições, corrigiu-se a distorção radial introduzida pela lente da câmera, que faz linhas retas do mundo real aparecerem curvas na imagem e compromete a conservação da razão cruzada. Empregou-se o modelo de divisão de um parâmetro, com centro de distorção

no centro do quadro, em que p_d é o ponto na imagem gravada, p_u o ponto corrigido, c o centro e r_d a distância de p_d a c normalizada pela meia diagonal:

$$p_u = c + (p_d - c) / (1 + \lambda \cdot r_d^2)$$

O parâmetro λ foi estimado pelo critério de retidão, isto é, como o valor que minimiza o afastamento, em relação a retas ajustadas, de pontos marcados sobre linhas da cena indicadas pelo examinador como retas no mundo real.

As figuras a seguir ilustram o procedimento: a imagem tal como gravada, as linhas de referência marcadas sobre ela e a mesma imagem após a correção, na qual as linhas de referência, redesenhadas com as coordenadas corrigidas, se apresentam retas.



Figura 1. Quadro 55 como gravado, com as linhas da cena curvadas pela lente.



Figura 2. Linhas de referência marcadas pelo examinador sobre o quadro 55.

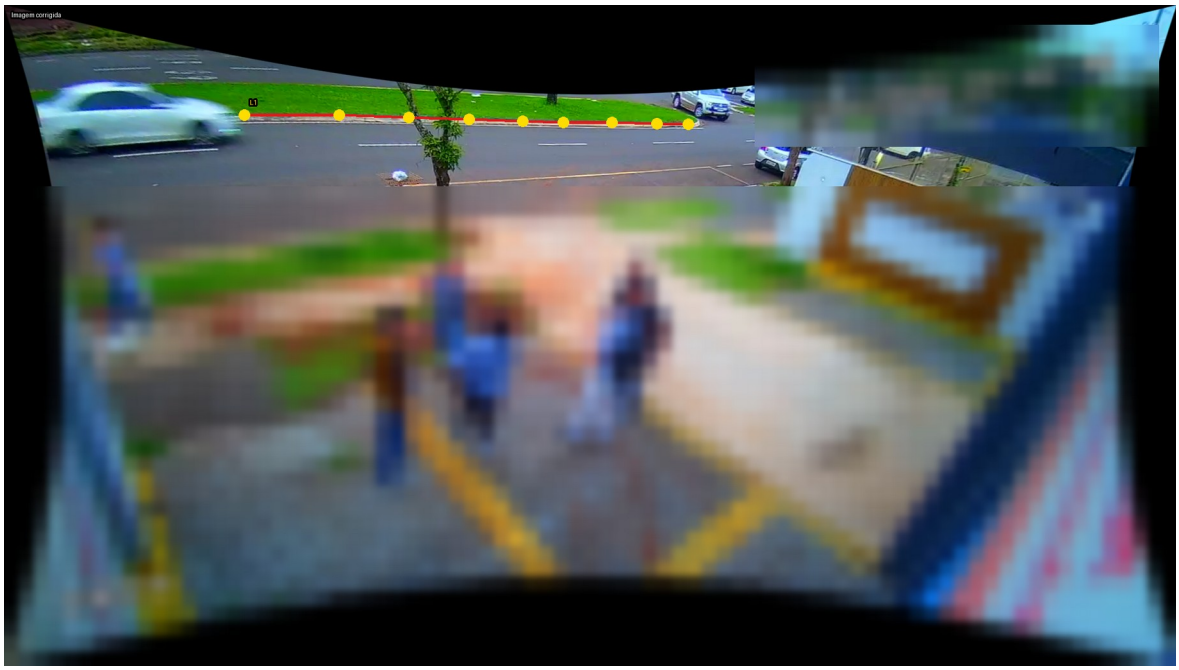


Figura 3. Quadro 55 após a correção da distorção da lente, com as linhas de referência corrigidas.

A metodologia fundamenta-se nas fontes a seguir identificadas, cujos dados completos constam da seção de referências bibliográficas: LONZETTI, Fernando Henrique; COSTA, Márcio Holsbach. Método da Razão Cruzada Generalizada para Aplicação Forense de Medição de Velocidade. In: XLI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBrT 2023), São José dos Campos, SP, 08-11 out. 2023. BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Secretaria Nacional de Segurança Pública. Procedimento Operacional Padrão: Perícia Criminal. Brasília: Senasp/MJSP, 2024. POP 2.01.

5. PROCEDIMENTOS REALIZADOS

1. Recebido o arquivo de vídeo, calculou-se o respectivo hash SHA-256 no momento do carregamento, com o resultado transcrito na seção de material examinado.

2. Extraíram-se os metadados do arquivo, apurando-se taxa de 15,001 quadros por segundo, resolução de 1280 por 720 pixels e total de 211 quadros, numerados sequencialmente a partir de zero.

3. Selecionaram-se o quadro inicial de índice 55 e o quadro final de índice 65, que delimitam a trajetória analisada.



Figura 4. Quadro inicial, índice 55. Imagem com a distorção da lente corrigida.

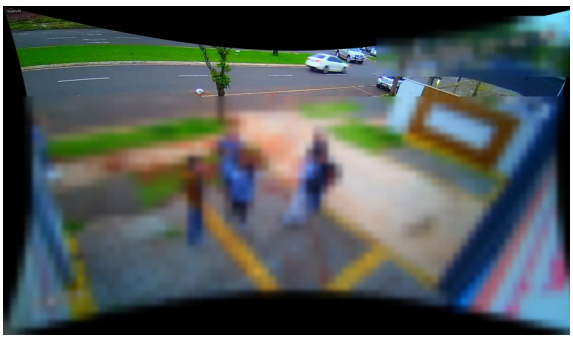


Figura 5. Quadro final, índice 65. Imagem com a distorção da lente corrigida.

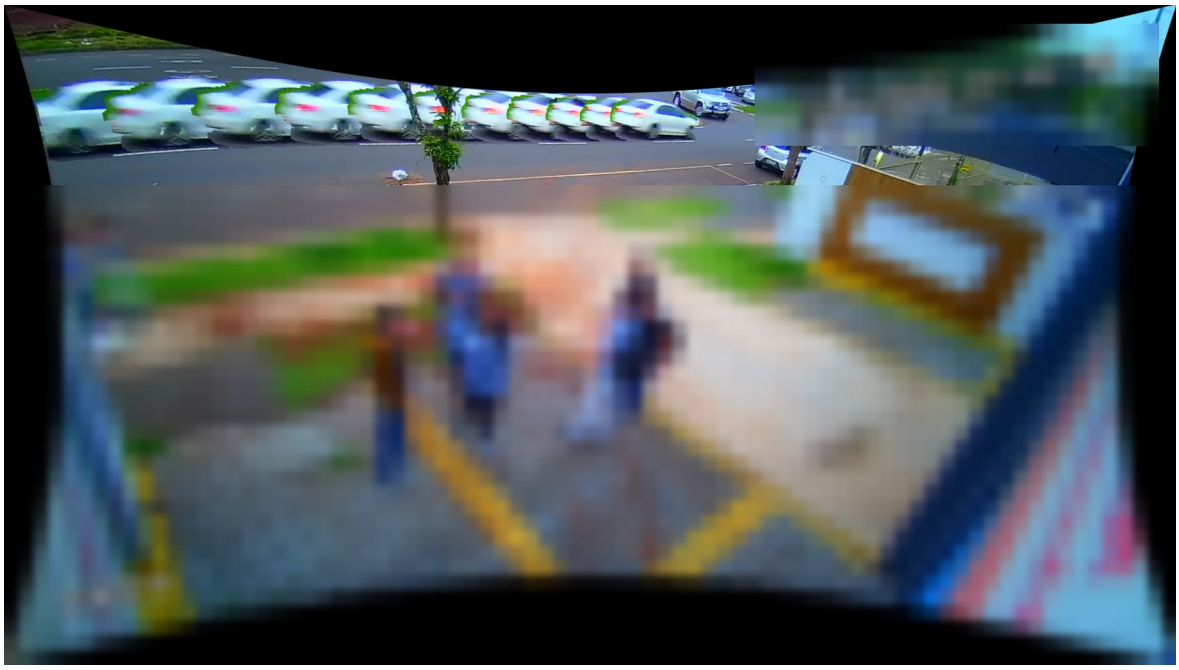


Figura 6. Composição de 11 quadros distintos, do índice 55 ao índice 65, obtida pela aplicação das regiões em movimento de cada quadro sobre o fundo estático da cena. O veículo aparece nas posições sucessivas que ocupou no trecho analisado, o que evidencia a sua trajetória. Imagem com a distorção da lente corrigida.

4. Marcaram-se 9 pontos sobre 1 linha(s) da cena tida(s) como reta(s) no mundo real e estimou-se o parâmetro de distorção λ em -0,3281. O afastamento médio quadrático dos pontos em relação às retas ajustadas passou de 6,36 pixel na imagem gravada para 1,10 pixel após a correção. As marcações foram feitas sobre a imagem gravada e as suas coordenadas corrigidas pelo modelo antes de qualquer medição.

5. Sobrepuseram-se os quadros inicial e final e marcaram-se os centros dos eixos do veículo nas duas posições (pontos A, B, C e D), com os respectivos intervalos de incerteza.

6. Ajustou-se aos centros marcados a reta de mínimo erro quadrático, com resíduo máximo de 4,97 pixel, e projetaram-se sobre ela os extremos de cada intervalo.

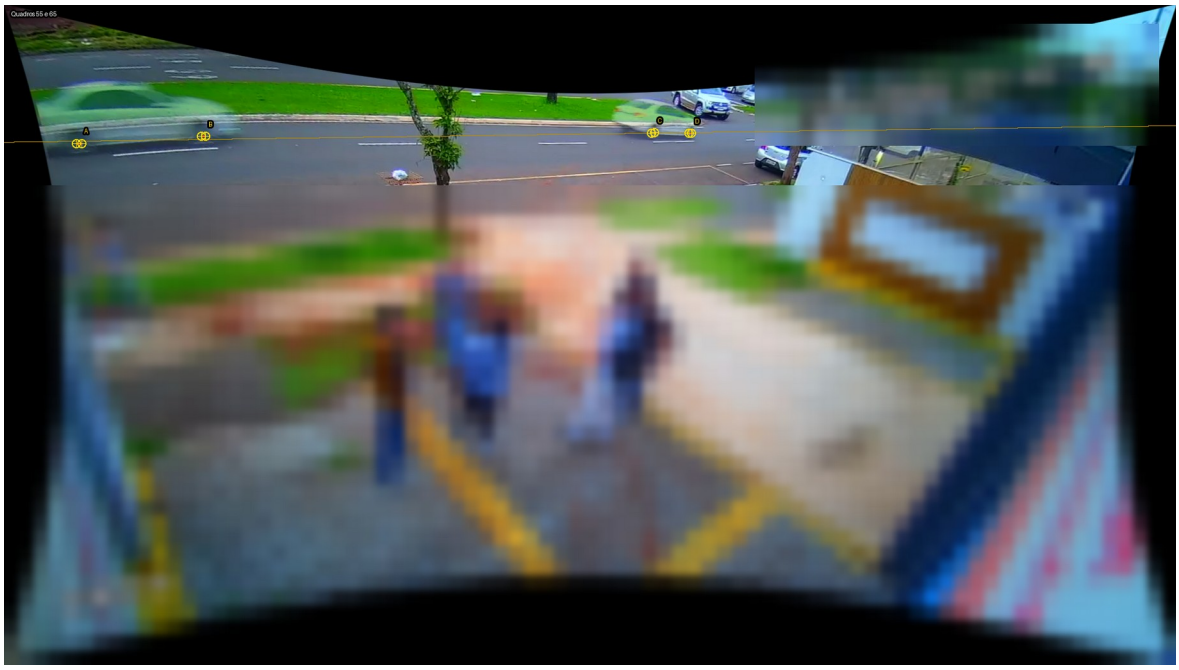


Figura 7. Sobreposição dos quadros 55 e 65, com os pontos marcados e a reta ajustada aos centros dos eixos. As distâncias entre esses pontos, medidas em pixels, são as grandezas que entram no cálculo. Imagem com a distorção da lente corrigida.

7. Adotou-se como referência o entre-eixos de 2,651 m e calculou-se a razão cruzada, da qual resultou a distância percorrida de 20,60 m.

8. Executou-se a simulação de Monte Carlo com 1000000 realizações e semente 3604917811, registrada para permitir a reprodução exata do resultado.

6. RESULTADOS

Velocidade com média de 111,3 km/h, mediana de 111,2 km/h e moda de 111,0 km/h, desvio padrão de 1,9 km/h, estando 95% da distribuição entre 107,8 km/h e 114,9 km/h.

Grandeza	Valor
Razão cruzada medida	1,01685
Distância percorrida (m)	20,60
Intervalo de tempo (s)	0,6666
Velocidade, método convencional (km/h)	111,2
Média (km/h)	111,3
Mediana (km/h)	111,2
Moda (km/h)	111,0
Desvio padrão (km/h)	1,9
Faixa com 95% da distribuição em torno da moda (km/h)	107,8 a 114,9

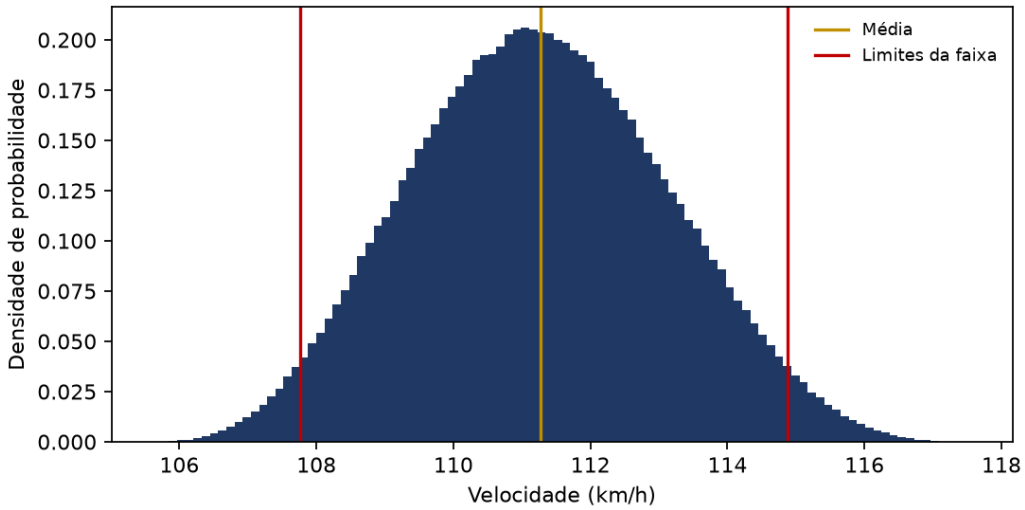


Figura 8. Estimativa da função densidade de probabilidade da velocidade.

7. TRATAMENTO DA INCERTEZA

A incerteza na identificação dos centros de eixo foi incorporada por meio dos intervalos marcados sobre a reta ajustada, cujas larguras, em pixels, foram de 8,6 para o ponto A, 6,8 para o ponto B, 4,3 para o ponto C, 4,4 para o ponto D. A taxa de quadros foi considerada entre 15,001 e 15,001 quadros por segundo. Todas as variáveis receberam distribuição uniforme nos respectivos intervalos, por inexistir informação adicional sobre a sua forma.

A simulação de Monte Carlo com 1000000 realizações produziu velocidades entre 105,6 km/h e 117,6 km/h, com intervalo central de 95% entre 107,8 km/h e 114,9 km/h.

Quanto ao tempo, não se atribuiu incerteza ao intervalo entre os quadros inicial e final, por não terem sido detectados quadros repetidos nem taxa de quadros variável.

A correção da distorção da lente depende da premissa, assumida pelo examinador, de que as linhas de referência marcadas são efetivamente retas no local, e de que o centro de distorção coincide com o centro do quadro. A incerteza do parâmetro λ não foi propagada ao resultado, limitação que deve ser considerada na sua valoração.

Ressalva quanto à geometria da cena: O comprimento aparente do entre-eixos varia 70,2% entre os quadros inicial e final, sinal de trajetória oblíqua em relação à câmera. A razão cruzada compensa o efeito de perspectiva, mas nessa condição o resultado fica mais sensível a erros de marcação e à distorção da lente; confira as marcações com zoom e prefira, se possível, um trecho em que o veículo esteja mais de lado para a câmera.

8. CONCLUSÃO TÉCNICA

Diante do material examinado e da metodologia descrita, conclui-se o seguinte. Velocidade com média de 111,3 km/h, mediana de 111,2 km/h e moda de 111,0 km/h, desvio padrão de 1,9 km/h, estando 95% da distribuição entre 107,8 km/h e 114,9 km/h.

Este relatório não compara a velocidade estimada com o limite regulamentado da via nem se pronuncia sobre infração ou responsabilidade, matérias que dependem de análise jurídica.

9. LIMITAÇÕES

O resultado limita-se ao trecho e aos instantes registrados no vídeo examinado e depende da fidelidade dos metadados do arquivo, da exatidão das marcações e das medidas informadas pelo solicitante, todas documentadas neste relatório e nos seus anexos. A velocidade apurada é a média no trecho analisado; fora dele, o vídeo nada permite afirmar. Trata-se de estimativa técnica com incerteza declarada, que não se confunde com medição por instrumento metrológico aferido. Todas as operações realizadas sobre o caso foram registradas em log de auditoria, e os parâmetros numéricos empregados constam deste relatório, o que permite a reprodução integral do cálculo.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Secretaria Nacional de Segurança Pública. Procedimento Operacional Padrão: Perícia Criminal. Brasília: Senasp/MJSP, 2024. POP 2.01.

LONZETTI, Fernando Henrique; COSTA, Márcio Holsbach. Método da Razão Cruzada Generalizada para Aplicação Forense de Medição de Velocidade. In: XLI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBrT 2023), São José dos Campos, SP, 08-11 out. 2023.

11. GLOSSÁRIO TÉCNICO

Quadro (frame): Cada uma das imagens estáticas que, exibidas em sequência, compõem o vídeo.

FPS: Taxa de quadros por segundo da gravação, utilizada para converter a diferença de índices de quadros em intervalo de tempo.

Hash SHA-256: Resumo criptográfico de 256 bits calculado sobre o conteúdo integral do arquivo; qualquer alteração do arquivo produz resumo diverso, o que permite verificar a integridade do material examinado.

ΔS: Distância real percorrida pelo veículo entre os quadros inicial e final.

Δt: Intervalo de tempo decorrido entre os quadros inicial e final.

Entre-eixos: Distância entre os centros dos eixos dianteiro e traseiro do veículo, informada pelo fabricante.

Razão cruzada: Grandeza calculada a partir das distâncias entre quatro pontos colineares, que se conserva quando esses pontos são projetados do espaço real para a imagem.

Simulação de Monte Carlo: Técnica numérica que repete o cálculo um grande número de vezes com valores sorteados dentro das faixas de incerteza das grandezas de entrada, a fim de obter a distribuição do resultado.

Função densidade de probabilidade: Função que descreve como a probabilidade se distribui entre os valores possíveis de uma grandeza.

MCMC: Monte Carlo por Cadeia de Markov, família de algoritmos de amostragem empregada para explorar a distribuição a posteriori dos parâmetros de um modelo bayesiano.

Intervalo de credibilidade: Faixa de valores que contém a grandeza estimada com a probabilidade indicada, segundo a distribuição a posteriori bayesiana.

12. ANEXOS

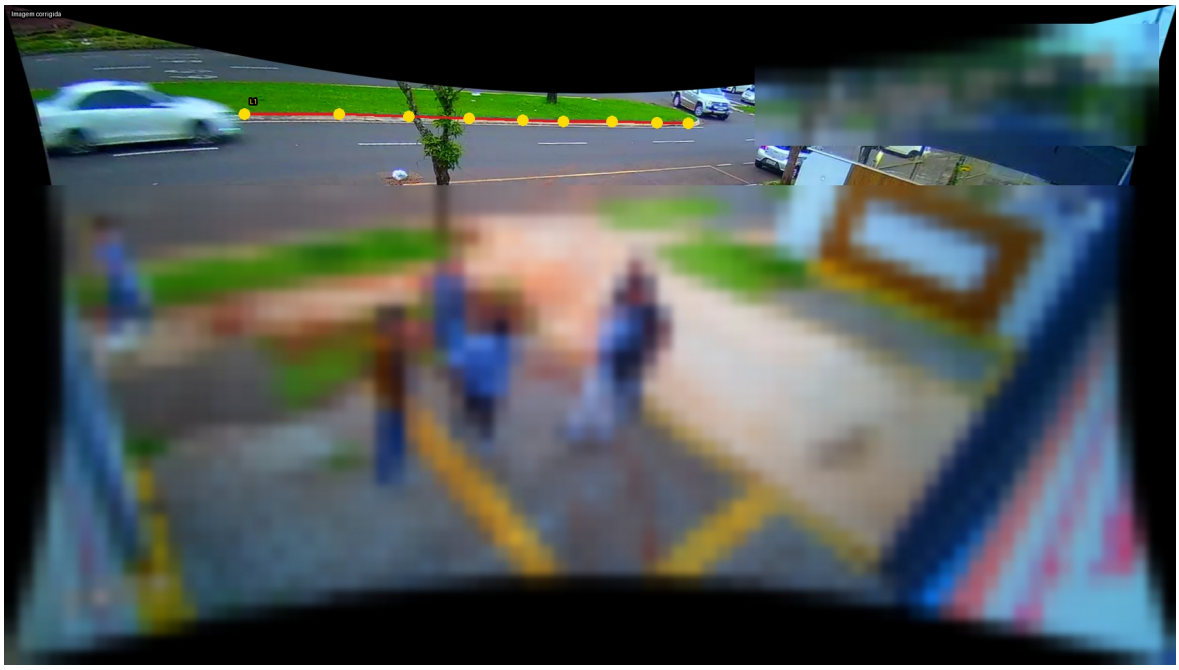
Reúnem-se a seguir, em tamanho ampliado e para consulta, todas as imagens utilizadas neste relatório.



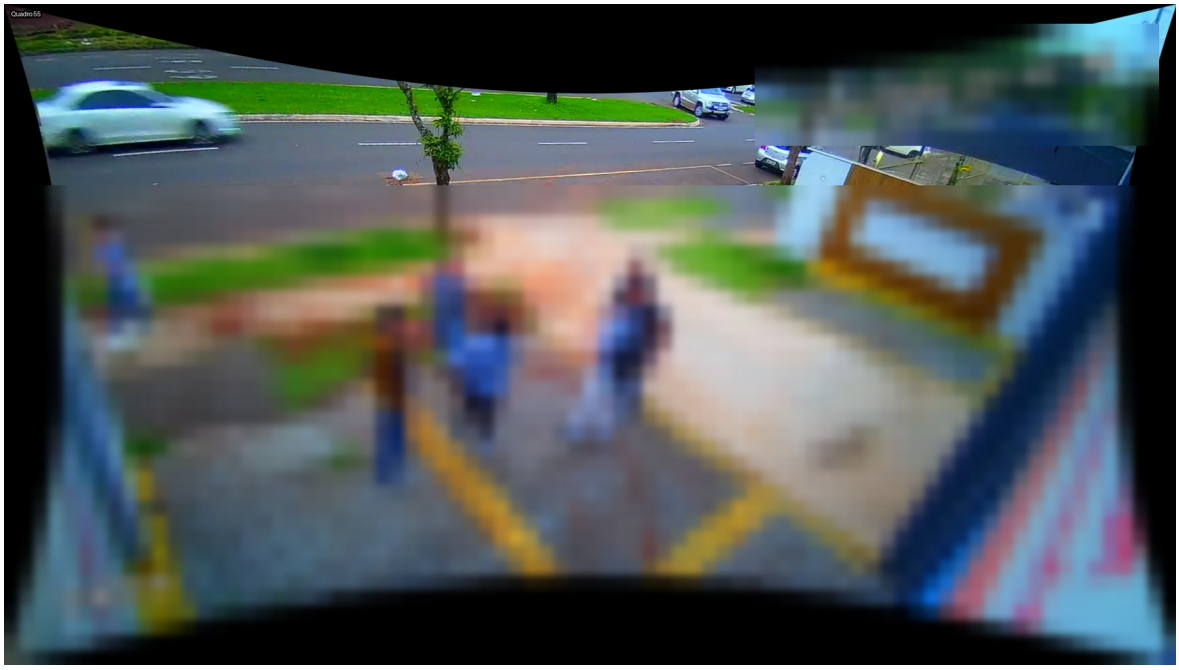
Anexo 1. Quadro 55 como gravado, antes da correção da distorção da lente.



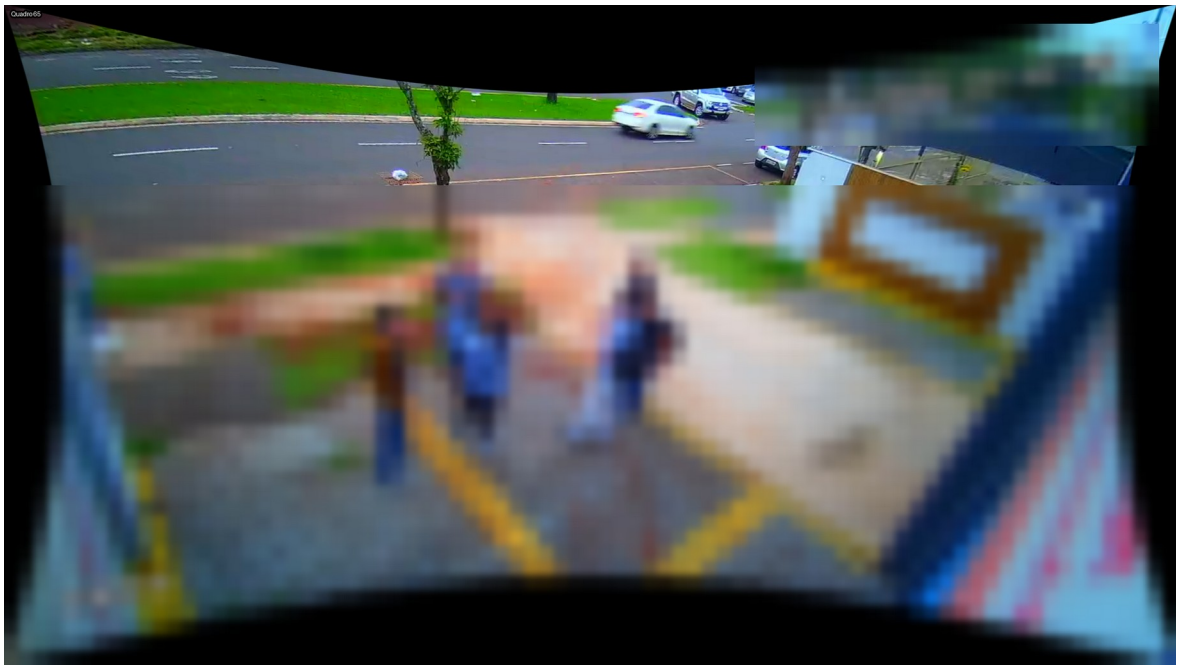
Anexo 2. Quadro 55 como gravado, com as linhas de referência usadas na estimativa da distorção da lente.



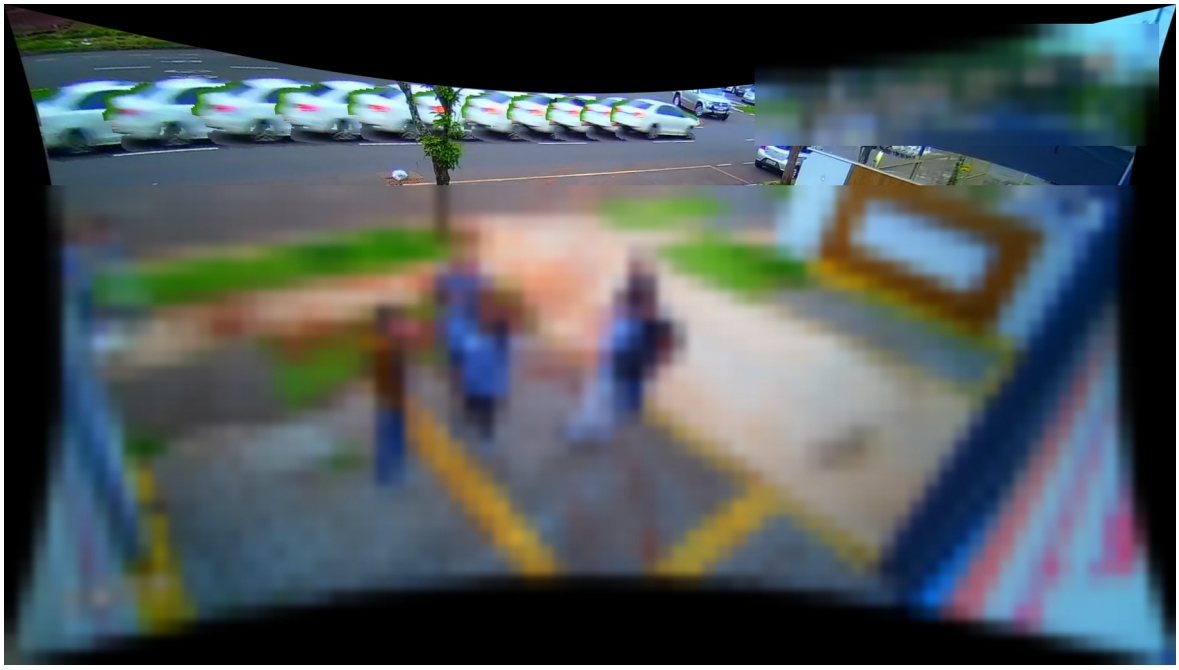
Anexo 3. Quadro 55 após a correção da distorção da lente, com as linhas de referência corrigidas.



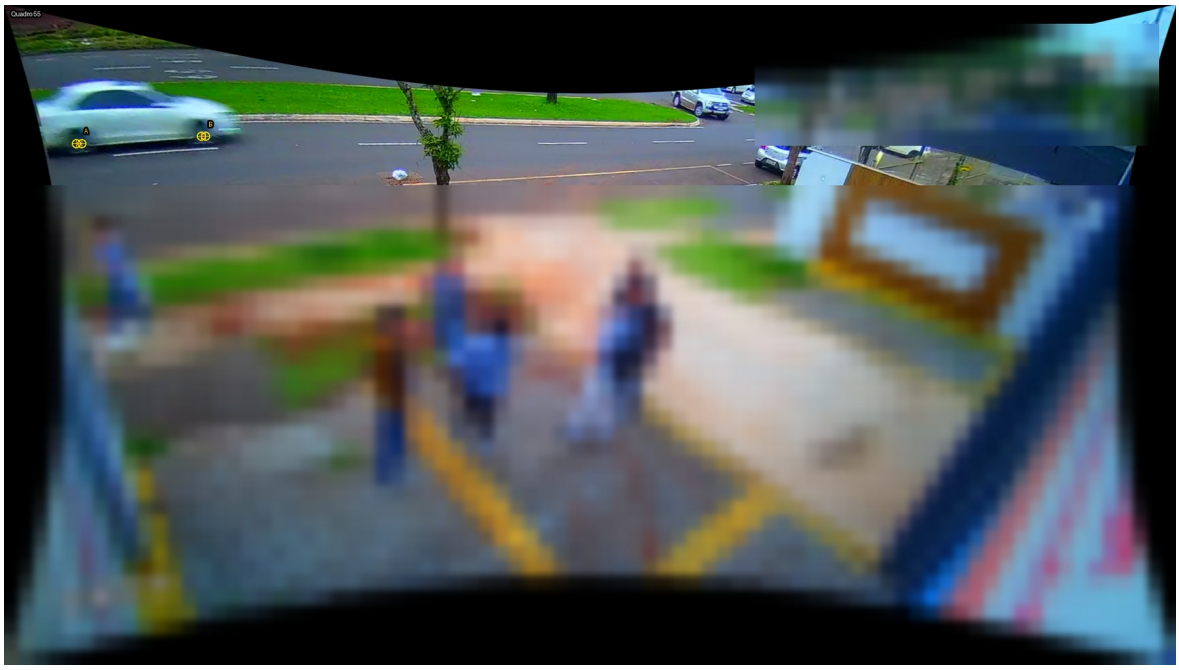
Anexo 4. Quadro inicial selecionado, índice 55, sem marcações. Imagem com a distorção da lente corrigida.



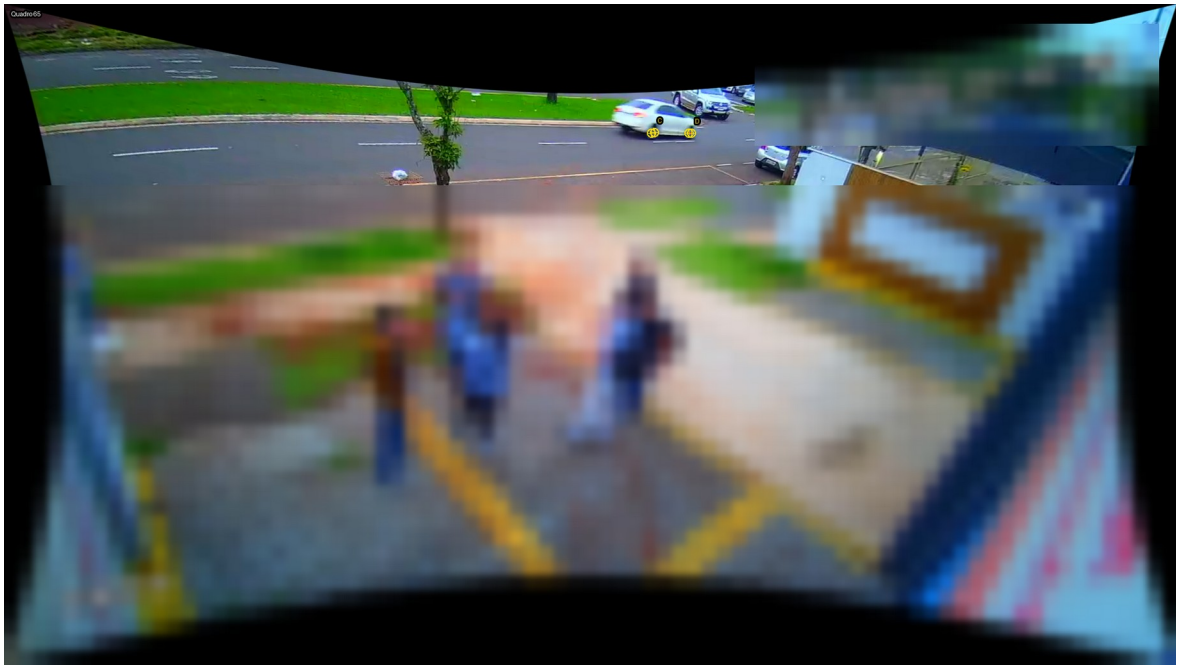
Anexo 5. Quadro final selecionado, índice 65, sem marcações. Imagem com a distorção da lente corrigida.



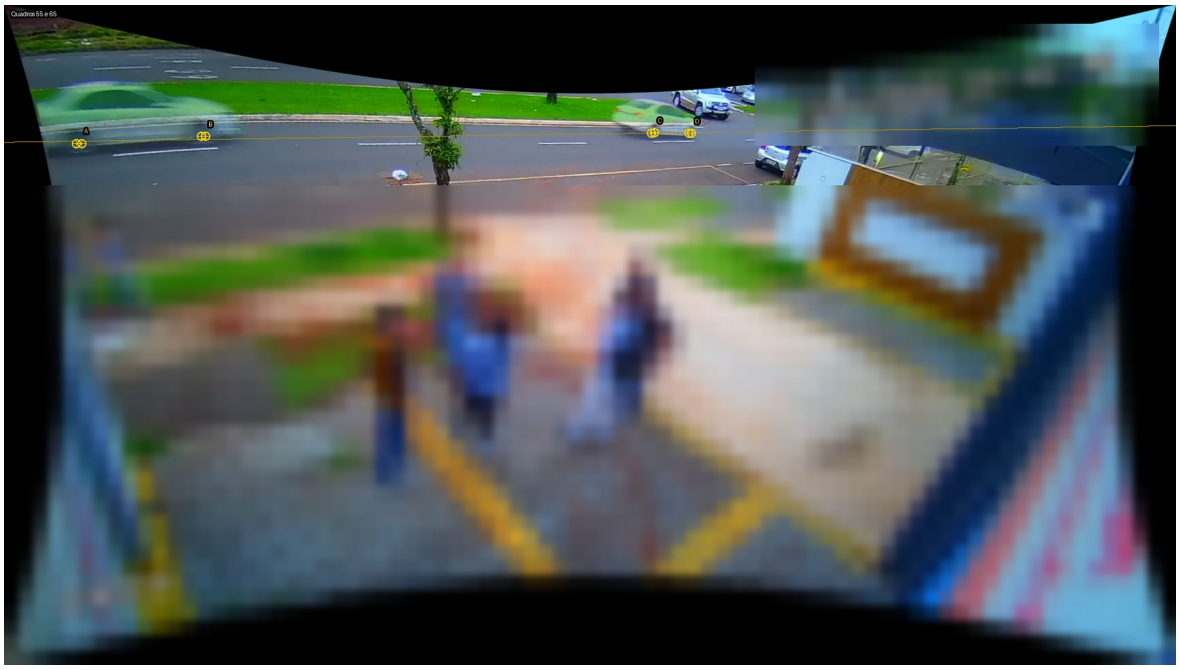
Anexo 6. Composição de 11 quadros distintos, do índice 55 ao índice 65, que evidencia a trajetória do veículo. Imagem com a distorção da lente corrigida.



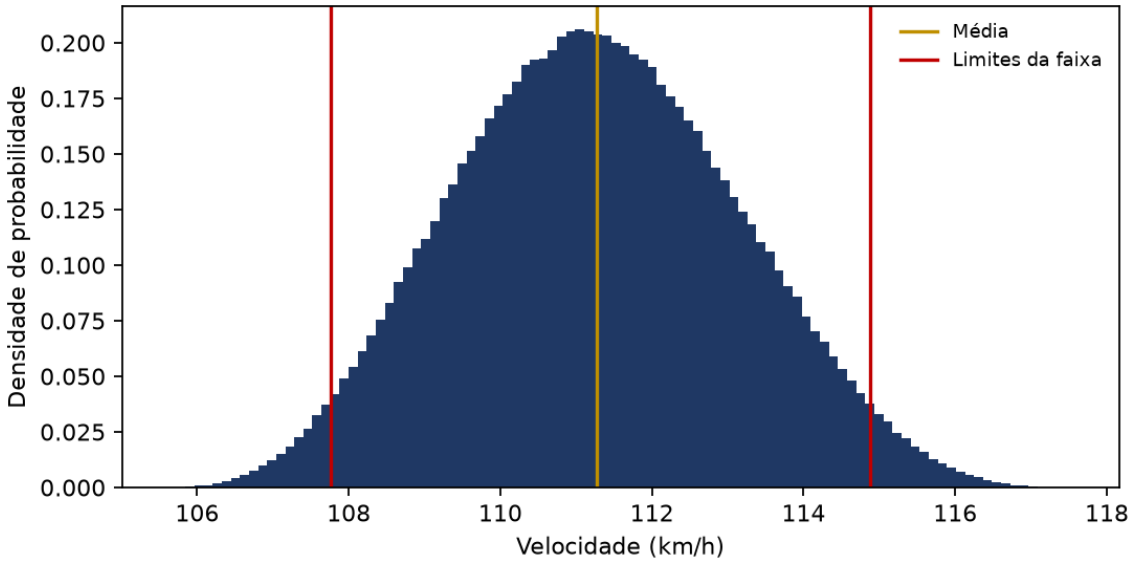
Anexo 7. Quadro inicial, índice 55, com as marcações realizadas. Imagem com a distorção da lente corrigida.



Anexo 8. Quadro final, índice 65, com as marcações realizadas. Imagem com a distorção da lente corrigida.



Anexo 9. Sobreposição dos quadros 55 e 65, com todas as marcações e a reta ajustada aos centros de eixo. Imagem com a distorção da lente corrigida.



Anexo 10. Distribuição de probabilidade da velocidade obtida no cálculo.