Nome: Lucas Miranda Mendonça Rezende
Nro. USP: 12542838

relatorio.doc Detecção de Bordas

Questão 1

Apenas introdutória.

Questão 2.2

```
    static public ImageAccess blurring(ImageAccess input, double sigma) {
        int nx = input.getWidth();
        int ny = input.getHeight();
        ImageAccess out = new ImageAccess(nx, ny);

        // Número de filtros em cascata
        int N = 3;

        // Calcula a variância (sigma^2)
        double variance = sigma * sigma;

        // Calcular o valor do pólo 'a' com base na relação:
        // a = ((sigma^2 + N) - sqrt(N*(2*sigma^2 + N)))/sigma^2
        double a = ((variance + N) - Math.sqrt(N * (2 * variance + N))) /
variance;

        // Definir os pólos do filtro IIR
        double[] poles = new double[N];
        for (int i = 0; i < N; i++) {
            poles[i] = a;
        }

        // Passo 1: Convolução ao longo das linhas
        for (int j = 0; j < ny; j++) {
            double[] row = new double[nx];
            for (int i = 0; i < nx; i++) {
                row[i] = input.getPixel(i, j);
            }
            // Aplicar convolução 1D na linha
            double[] blurredRow = Convolver.convolveIIR(row, poles);
            for (int i = 0; i < nx; i++) {
```

```
                out.putPixel(i, j, blurredRow[i]);
            }
        }

        // Passo 2: Convolução ao longo das colunas
        for (int i = 0; i < nx; i++) {
            double[] col = new double[ny];
            for (int j = 0; j < ny; j++) {
                col[j] = out.getPixel(i, j);
            }
            // Aplicar convolução 1D na coluna
            double[] blurredCol = Convolver.convolveIIR(col, poles);
            for (int j = 0; j < ny; j++) {
                out.putPixel(i, j, blurredCol[j]);
            }
        }

        // Normalização: compensar o ganho DC da cascata dos filtros.
        // Para cada direção (linhas e colunas) o ganho é 1/(1-a)^N, portanto o
ganho total 2D é 1/(1-a)^(2N)
        // Multiplicando por scale = (1-a)^(2N) garantimos que o ganho DC seja
1.
        double scale = Math.pow((1 - a), 2 * N);
        for (int i = 0; i < nx; i++) {
            for (int j = 0; j < ny; j++) {
                out.putPixel(i, j, out.getPixel(i, j) * scale);
            }
        }

        return out;
    }
```

Questão 3.1

```
    static public ImageAccess[] gradient(ImageAccess input) {
        int nx = input.getWidth();
        int ny = input.getHeight();

        // grad[0] = magnitude, grad[1] = gx, grad[2] = gy
        ImageAccess[] grad = new ImageAccess[3];
        grad[0] = new ImageAccess(nx, ny);
```

```
        grad[1] = new ImageAccess(nx, ny);
        grad[2] = new ImageAccess(nx, ny);

        // Filtros (3x3), cada elemento já multiplicado por 1/12
        double[][] hx = {
            { -1.0/12,  0.0,      1.0/12 },
            { -4.0/12,  0.0,      4.0/12 },
            { -1.0/12,  0.0,      1.0/12 }
        };

        double[][] hy = {
            { -1.0/12, -4.0/12, -1.0/12 },
            {  0.0,     0.0,     0.0    },
            {  1.0/12,  4.0/12,  1.0/12 }
        };

        // Passo 1: Convolução 2D para gx e gy (ignorando a borda de 1 pixel)
        for (int y = 1; y < ny - 1; y++) {
            for (int x = 1; x < nx - 1; x++) {
                double sumX = 0.0;
                double sumY = 0.0;

                // Aplicar cada núcleo 3x3 ao redor do pixel (x,y)
                for (int ky = -1; ky <= 1; ky++) {
                    for (int kx = -1; kx <= 1; kx++) {
                        double val = input.getPixel(x + kx, y + ky);
                        sumX += val * hx[ky + 1][kx + 1];
                        sumY += val * hy[ky + 1][kx + 1];
                    }
                }

                // Armazenar resultados em grad[1] e grad[2]
                grad[1].putPixel(x, y, sumX);  // gx
                grad[2].putPixel(x, y, sumY);  // gy
            }
        }

        // Passo 2: Calcular o módulo do gradiente (grad[0] = sqrt(gx^2 +
gy^2))
        for (int y = 1; y < ny - 1; y++) {
            for (int x = 1; x < nx - 1; x++) {
                double gx = grad[1].getPixel(x, y);
```

```
                double gy = grad[2].getPixel(x, y);
                double magnitude = Math.sqrt(gx * gx + gy * gy);
                grad[0].putPixel(x, y, magnitude);
            }
        }

        return grad;
    }
```

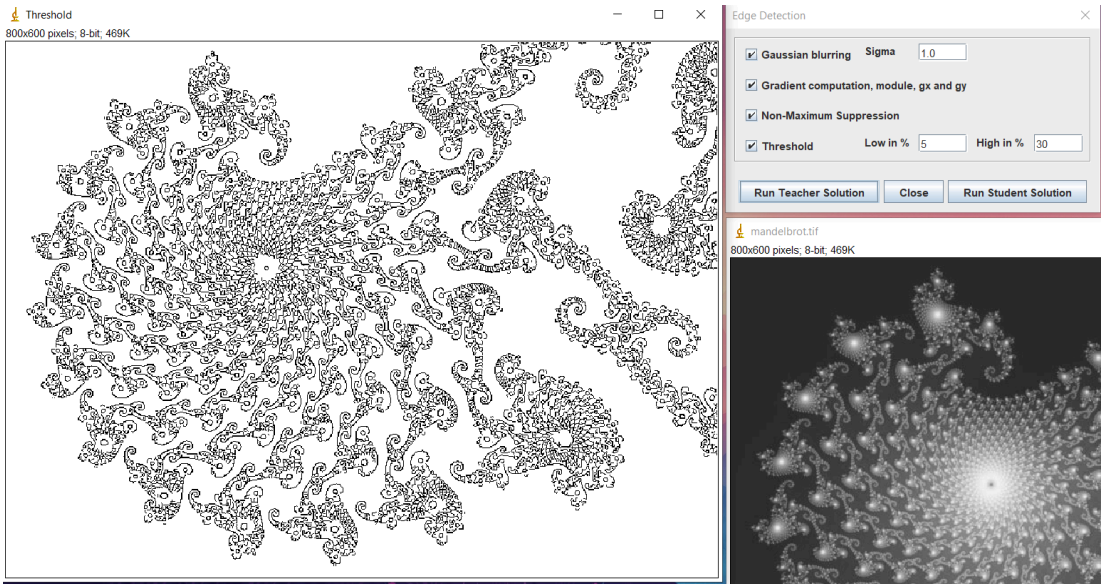
Questão 4.2

```
static public ImageAccess suppressNonMaximum(ImageAccess grad[]) {
        if (grad.length != 3) {
            return null;
        }

        int nx = grad[0].getWidth();
        int ny = grad[0].getHeight();
        ImageAccess suppressed = new ImageAccess(nx, ny);

        // Percorrer cada pixel da imagem
        for (int y = 1; y < ny - 1; y++) {
            for (int x = 1; x < nx - 1; x++) {

                // Obter o valor do gradiente em x e y
                double gx = grad[1].getPixel(x, y);
                double gy = grad[2].getPixel(x, y);

                // Calcular a magnitude do gradiente G(A)
                double magnitude = Math.sqrt(gx * gx + gy * gy);

                // Se a magnitude for 0, supressão imediata
                if (magnitude == 0) {
                    suppressed.putPixel(x, y, 0);
                    continue;
                }

                // Calcular o vetor unitário na direção do gradiente
                double norm = Math.sqrt(gx * gx + gy * gy);
                double ux = gx / norm;
```

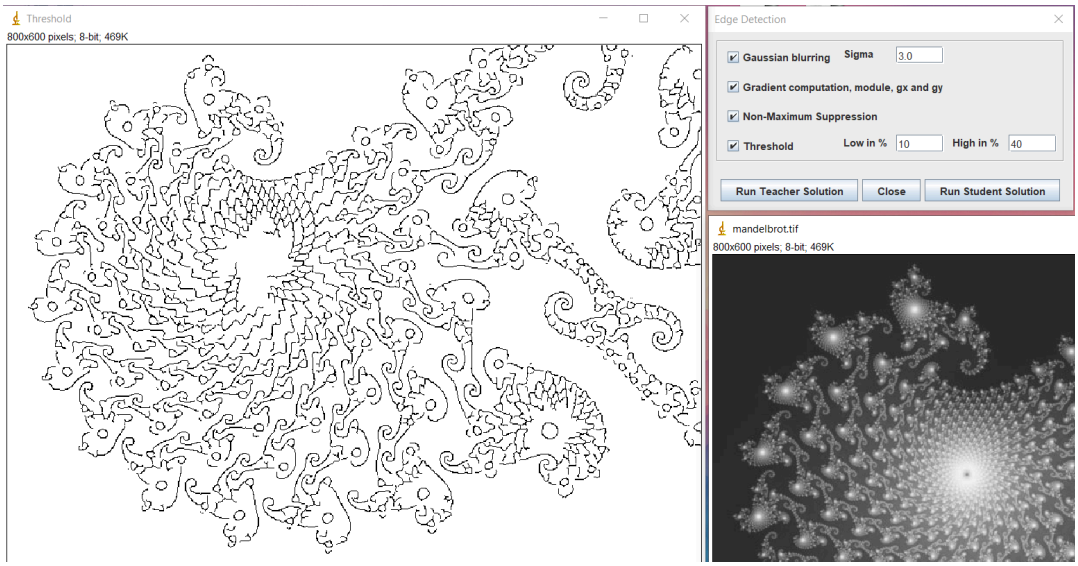
```
                double uy = gy / norm;

                // Calcular as posições A1 e A2
                double xa1 = x + ux;
                double ya1 = y + uy;
                double xa2 = x - ux;
                double ya2 = y - uy;

                // Obter os valores de G(A1) e G(A2) por interpolação
                double ga1 = grad[0].getInterpolatedPixel(xa1, ya1);
                double ga2 = grad[0].getInterpolatedPixel(xa2, ya2);

                // Se G(A) for maior que G(A1) e G(A2), manter o valor, caso
contrário, suprimir
                if (magnitude >= ga1 && magnitude >= ga2) {
                    suppressed.putPixel(x, y, magnitude);
                } else {
                    suppressed.putPixel(x, y, 0);
                }
            }
        }

        return suppressed;
    }
```

Questão 5

Insira aqui uma imagem (Detalhe de Madelbrot.tif)
Sigma: 1
Threshold low: 5
Threshold high: 30

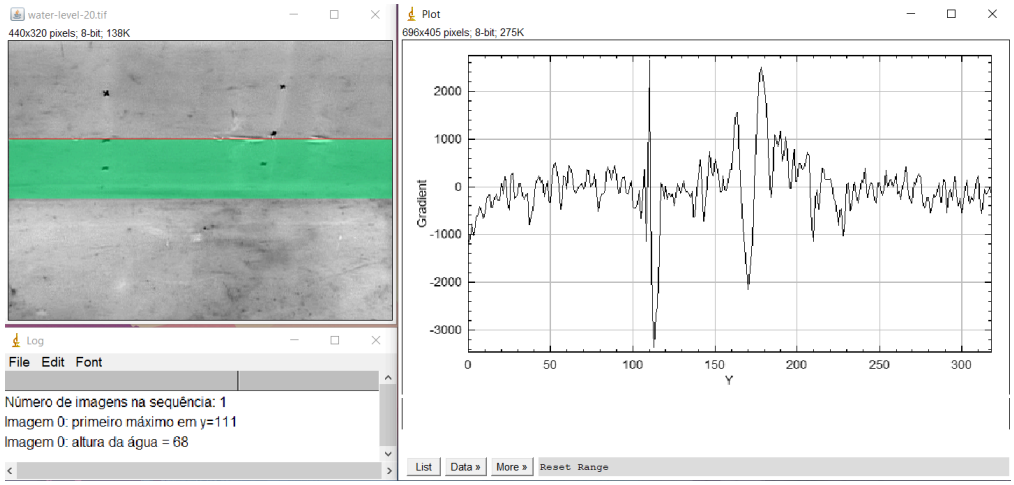


Insira aqui uma imagem (Visão global de mandelbrot.tif)
Sigma: 3
Threshold low: 10
Threshold high: 40



Questão 6.1

y1 = 111
y2 = 179




```java
static public double[] computeXProjectionGradient(ImageAccess image) {
    int ny = image.getHeight();
    int nx = image.getWidth();

    double[] proj = new double[ny];
    for (int y = 0; y < ny; y++) {
        double sum = 0;
        for (int x = 0; x < nx; x++) {
            sum += image.getPixel(x, y);
        }
        proj[y] = sum;
    }

    double[] grad = new double[ny - 1];
    for (int y = 0; y < ny - 1; y++) {
        grad[y] = proj[y + 1] - proj[y];
    }

    DisplayTools.plot(grad, "Y", "Gradient");

    return grad;
}
```

Questão 6.2 e Questão 6.3

Imprima as posições de ymax ou insira o gráfico ymax(t)
Imprima as posições de altura ou insira o gráfico altura (t)

Número de imagens na sequência: 40
Imagem 0: primeiro máximo em y=140
Imagem 0: altura da água = 49
Imagem 1: primeiro máximo em y=137
Imagem 1: altura da água = 51
Imagem 2: primeiro máximo em y=186
Imagem 2: altura da água = -15
Imagem 3: primeiro máximo em y=187
Imagem 3: altura da água = -16
Imagem 4: primeiro máximo em y=185
Imagem 4: altura da água = -15
Imagem 5: primeiro máximo em y=184
Imagem 5: altura da água = -15
Imagem 6: primeiro máximo em y=183
Imagem 6: altura da água = -15
Imagem 7: primeiro máximo em y=182
Imagem 7: altura da água = -59
Imagem 8: primeiro máximo em y=181
Imagem 8: altura da água = -61
Imagem 9: primeiro máximo em y=181
Imagem 9: altura da água = -63
Imagem 10: primeiro máximo em y=117
Imagem 10: altura da água = 63
Imagem 11: primeiro máximo em y=114
Imagem 11: altura da água = 66
Imagem 12: primeiro máximo em y=180
Imagem 12: altura da água = -68
Imagem 13: primeiro máximo em y=111
Imagem 13: altura da água = 68
Imagem 14: primeiro máximo em y=109
Imagem 14: altura da água = 69
Imagem 15: primeiro máximo em y=108
Imagem 15: altura da água = 70
Imagem 16: primeiro máximo em y=177
Imagem 16: altura da água = -70
Imagem 17: primeiro máximo em y=177
Imagem 17: altura da água = -15
Imagem 18: primeiro máximo em y=103
Imagem 18: altura da água = 74
Imagem 19: primeiro máximo em y=177
Imagem 19: altura da água = -75
Imagem 20: primeiro máximo em y=100
Imagem 20: altura da água = 76
Imagem 21: primeiro máximo em y=99
Imagem 21: altura da água = 78
Imagem 22: primeiro máximo em y=175
Imagem 22: altura da água = -78
Imagem 23: primeiro máximo em y=173
Imagem 23: altura da água = -77
Imagem 24: primeiro máximo em y=94

Imagem 24: altura da água = 79
Imagem 25: primeiro máximo em y=93
Imagem 25: altura da água = 80
Imagem 26: primeiro máximo em y=91
Imagem 26: altura da água = 81
Imagem 27: primeiro máximo em y=89
Imagem 27: altura da água = 83
Imagem 28: primeiro máximo em y=88
Imagem 28: altura da água = 85
Imagem 29: primeiro máximo em y=87
Imagem 29: altura da água = 86
Imagem 30: primeiro máximo em y=84
Imagem 30: altura da água = 89
Imagem 31: primeiro máximo em y=171
Imagem 31: altura da água = -91
Imagem 32: primeiro máximo em y=78
Imagem 32: altura da água = 91
Imagem 33: primeiro máximo em y=168
Imagem 33: altura da água = -94
Imagem 34: primeiro máximo em y=168
Imagem 34: altura da água = -16
Imagem 35: primeiro máximo em y=168
Imagem 35: altura da água = -95
Imagem 36: primeiro máximo em y=76
Imagem 36: altura da água = 93
Imagem 37: primeiro máximo em y=169
Imagem 37: altura da água = -90
Imagem 38: primeiro máximo em y=82
Imagem 38: altura da água = 89
Imagem 39: primeiro máximo em y=85
Imagem 39: altura da água = 86

```
    static public void measureLevel(ImageAccess[] sequence) {
        int nt = sequence.length;
        IJ.log("Número de imagens na sequência: " + nt);

        // Iterate over each image in the sequence.
        for (int t = 0; t < nt; t++) {
            ImageAccess image = sequence[t];

            // (1) Compute the gradient of the horizontal projection.
            double[] gradient = computeXProjectionGradient(image);

            // (2) Detect the first maximum in the gradient.
            // Add +1 because the gradient array is offset relative to the
original image rows.
            int yMax = findMax(gradient) + 1;
            IJ.log("Imagem " + t + ": primeiro máximo em y=" + yMax);
            DisplayTools.drawLine(t, yMax);
```

```
            // (3) Detect two maxima that are at least 10 pixels apart.
            int[] twoMax = findTwoMaxima(gradient);
            int y1 = twoMax[0] + 1;  // adjust index offset
            int y2 = twoMax[1] + 1;  // adjust index offset

            if (y1 >= 0 && y2 >= 0) {
                // Draw a rectangle between y1 and y2.
                DisplayTools.drawLevels(t, y1, y2);

                // Calculate and log the water level height.
                int h = y2 - y1;
                IJ.log("Imagem " + t + ": altura da água = " + h);
            } else {
                IJ.log("Imagem " + t + ": não foi possível encontrar dois
máximos a >=10 px de distância.");
            }

            // (4) Plot the gradient for further diagnosis.
            DisplayTools.plot(gradient, "Y", "Gradient");
        }
    }

    static private int findMax(double[] data) {
        int indexMax = 0;
        double maxVal = data[0];
        for (int i = 1; i < data.length; i++) {
            if (data[i] > maxVal) {
                maxVal = data[i];
                indexMax = i;
            }
        }
        return indexMax;
    }

    static private int[] findTwoMaxima(double[] data) {
        int[] maxima = new int[2];
        maxima[0] = findMax(data);

        // Search for a second maximum with a separation of at least 10 pixels.
        int secondMax = -1;
        for (int i = 0; i < data.length; i++) {
```

```
            if (i != maxima[0] && Math.abs(i - maxima[0]) >= 10) {
                if (secondMax == -1 || data[i] > data[secondMax]) {
                    secondMax = i;
                }
            }
        }
        maxima[1] = secondMax;
        return maxima;
    }
```