MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II
1ª lista de exercícios - 2007

## POLINÔMIO DE TAYLOR

1. Utilizando o polinômio de Taylor de ordem 2, calcule um valor aproximado e avalie o erro:
   (a) $\sqrt[3]{8,2}$ (b) $\ln(1,3)$ (c) $\operatorname{sen}(0,1)$

2. Mostre que:
   a) $|\operatorname{sen} x - x| \leq \frac{1}{3!}|x|^3 \ , \quad \forall\, x \in \mathbb{R}\,;$
   b) $0 \leq e^x - \left(1 + x + \frac{1}{2}x^2\right) < \frac{1}{2}x^3 \ , \quad \forall\, x \in [0,1]\,.$

3. Encontre o polinômio de Taylor de ordem 5 de $f(x) = \sqrt[3]{x}$ em volta de $x_0 = 1$.

4. a) Seja $n$ um número natural ímpar. Mostre que
$$\left|\operatorname{sen} x - \left(x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \ldots + (-1)^{\frac{n-1}{2}}\frac{x^n}{n!}\right)\right| \leq \frac{|x|^{n+2}}{(n+2)!} \quad , \ \forall\, x \in \mathbb{R}\,.$$
   b) Avalie sen 1 com erro, em módulo, inferior a $10^{-5}$.

5. a) Determine o polinômio de Taylor de ordem $n$ de $f(x) = e^x$ em torno de $x_0 = 0$.
   b) Avalie $e$ com erro em módulo inferior a $10^{-5}$.
   c) Mostre que
$$\left|e^{x^2} - \left(1 + x^2 + \frac{x^4}{2} + \frac{x^6}{3!} + \ldots + \frac{x^{2n}}{n!}\right)\right| \leq \frac{e^{x^2}x^{2n+2}}{(n+1)!} \quad , \ \forall\, x \in \mathbb{R}\,.$$
   d) Avalie $\int_0^1 e^{x^2}\,\mathrm{d}x$ com erro inferior a $10^{-5}$.

6. Mostre que $\left|\int_0^1 \cos(x^2)\,\mathrm{d}x - \left(1 - \frac{1}{5.2!} + \frac{1}{9.4!} - \frac{1}{13.6!}\right)\right| \leq \frac{1}{15.7!}$

7. Seja $P_n(x)$ o polinômio de Taylor de ordem $n$ da função $f(x) = \ln x$ em torno de $x_0 = 1$. Mostre que
$$|\ln x - P_n(x)| \leq \frac{1}{n+1}(x-1)^{n+1} \quad , \ \forall\, x \in ]1, +\infty[$$
   e avalie $\ln(1,01)$ com erro, em módulo, inferior a $10^{-5}$.

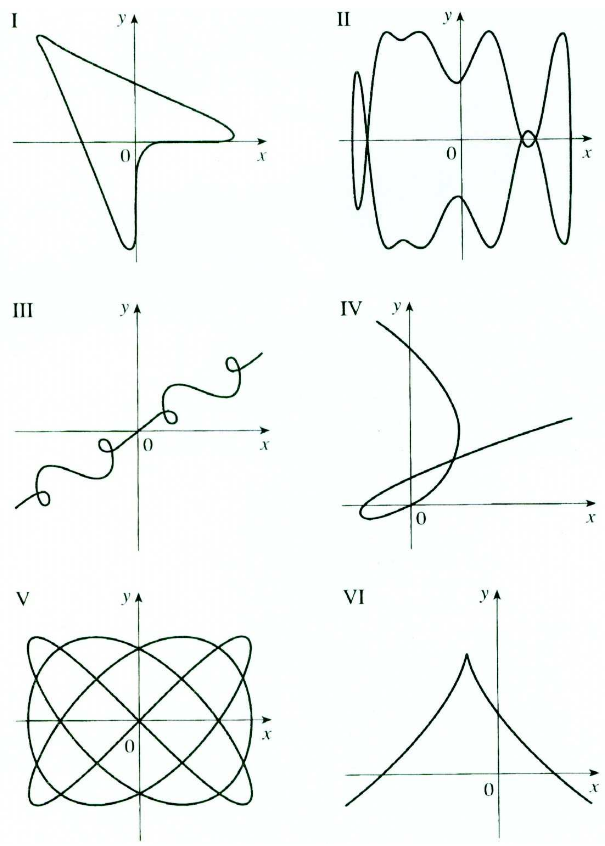
8. Determine o polinômio de Taylor de ordem 3 da função $f(x) = e^x \cos x$ em torno de $x_0 = 0$ e mostre que
$$\left|e^{x^2}\cos(x^2) - \left(1 + x^2 - \frac{x^6}{3}\right)\right| \leq \frac{x^8}{2} \quad , \ \forall\ x \in [-1,1]\,.$$

9. Sejam $I$ um intervalo aberto de $\mathbb{R}$, $a \in I$ e $f : I \to \mathbb{R}$ tal que f é derivável até $2^{\underline{a}}$ ordem em $I$ e $f''$ é contínua no ponto $a$. Use o polinômio de Taylor de grau 1 e a fórmula de Taylor para provar o "teste da segunda derivada", isto é, prove as seguintes afirmações:
a) Se $f'(a) = 0$ e $f''(a) > 0$ , então $a$ é um ponto de mínimo local de $f$.
b) Se $f'(a) = 0$ e $f''(a) < 0$ , então $a$ é um ponto de máximo local de $f$.

## CURVAS E SUPERFÍCIES

1. Desenhe as imagens das seguintes curvas:
   (a) $\gamma(t) = (1, t)$
   (b) $\gamma(t) = (\cos^2 t, \operatorname{sen} t)$ , $0 \leq t \leq 2\pi$
   (c) $\gamma(t) = (\operatorname{sen} t, \operatorname{sen}^2 t)$
   (d) $\gamma(t) = (2 + \cos t, 3 + 4\operatorname{sen} t)$
   (e)$\gamma(t) = (\frac{1}{2}, 1 - t)$
   (f) $\gamma(t) = (e^t \cos t, e^t \operatorname{sen} t)$ , $t \geq 0$
   (g) $\gamma(t) = (\sec t, \operatorname{tg} t)$ , $-\frac{\pi}{2} < t < \frac{\pi}{2}$
   (h) $\gamma(t) = (\sqrt{2}\cos t, 2\operatorname{sen} t)$

2. Associe as equações paramétricas aos gráficos I a VI. Justifique sua escolha.
   (a) $x = t^3 - 2t, \quad y = t^2 - t$
   (b) $x = t^3 - 1, \quad y = 2 - t^2$
   (c) $x = \operatorname{sen}(3t), \quad y = \operatorname{sen}(4t)$
   (d) $x = t + \operatorname{sen}(2t), \quad y = t + \operatorname{sen}(3t)$
   (e) $x = \operatorname{sen}(t + \operatorname{sen} t), \quad y = \cos(t + \cos t)$
   (f) $x = \cos t, \quad y = \operatorname{sen}(t + \operatorname{sen}(5t))$



3. Encontre o vetor tangente em cada ponto da curva. Ache os pontos da curva nos quais a tangente é horizontal ou vertical. Esboce a imagem de $\gamma$, explicitando os pontos de auto-intersecção (se houver).

   (a) $\gamma(t) = (t(t^2-3), 3(t^2-3))$ (b) $\gamma(t) = (t^3-3t^2, t^3-3t)$
   (c) $\gamma(t) = (t^4-2t^3-2t^2, t^3-3t)$ (d) $\gamma(t) = (2t^3-3t^2, t^3-12t)$
   (e) $\gamma(t) = (\ln(1+t^2), t^3-3t)$ (f) $\gamma(t) = (t(t^4-1), t^4-1)$

4. (a) Considere a curva dada por $\gamma(t) = \left(\dfrac{2t}{1+t^2}, \dfrac{1-t^2}{1+t^2}\right)$. Calcule os limites de $\gamma(t)$ quanto $t \to +\infty$ e $t \to -\infty$. Estude $\gamma\,'(t)$ e faça um esboço da curva.

   (b) Considere a curva dada por

$$\gamma(t) = \left(\frac{3t}{1+t^3}, \frac{3t^2}{1+t^3}\right)$$

   Determine o domínio de $\gamma$. Calcule os limites de $\gamma(t)$ quando $t$ tende a -1 pela direita e pela esquerda, bem como os limites quando $t \to +\infty$ e $t \to -\infty$. Calcule $\gamma(0)$. Estude $\gamma\,'(t)$ e faça um esboço da curva.

   (c) Considere a curva dada por $\gamma(t) = (t^3-12t, t^2-2t)$. Calcule os limites de $\gamma(t)$ quanto $t \to +\infty$ e $t \to -\infty$. Estude $\gamma\,'(t)$ e a concavidade da imagem de $\gamma$. Faça um esboço da curva.

5. Considere $f(x) = \left(\sqrt[3]{x}\right)^2$. A função $f$ é derivável em $x = 0$? Determine uma curva $\gamma : \mathbb{R} \to \mathbb{R}^2$, derivável e cuja imagem seja igual ao gráfico de $f$.

6. Mostre que a curva $\gamma(t) = (\cos t\,, \operatorname{sen} t \cos t)$ tem duas tangentes em (0,0) e ache suas equações. Esboce a curva.

7. Para cada curva abaixo, determine um ponto onde ocorre uma auto-intersecção. Ache as retas tangentes nesse ponto.

   (a) $\gamma(t) = (1-2\cos^2 t\,, (1-2\cos^2 t)\operatorname{tg} t)\ ,\ t \in \left]-\dfrac{\pi}{2}, \dfrac{\pi}{2}\right[$

   (b) $\gamma(t) = (9(1-3t^2)\,, 9t(1-3t^2))$

   (c) $\gamma(t) = \left(2 + 2\left(\dfrac{1-t^2}{1+t^2}\right)\ ,\ 2t\left(\dfrac{1}{1-t^2} + \dfrac{2}{1+t^2}\right)\right)$

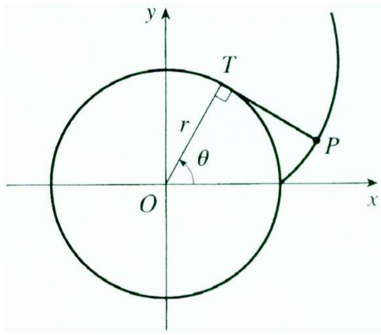
8. Sejam $I$ um intervalo aberto de $\mathbb{R}$ e $\gamma : I \to \mathbb{R}^2$ (ou $\gamma : I \to \mathbb{R}^3$ ) uma curva diferenciável. Mostre que, se existe $C \in \mathbb{R}$ tal que $||\gamma(t)|| = C$, para todo $t \in I$, então $\gamma(t)$ é ortogonal a $\gamma\,'(t)$, para todo $t \in I$. Vale a recíproca? Interprete geometricamente.

9. Calcular o comprimento da curva $\gamma$:

   $\gamma_1(t) = (2t^2-1, 4t^2+3)\ ,\ t \in [-4, 4]$;
   $\gamma_2(t) = (\cos^2 t, \operatorname{sen}^2 t)\ ,\ t \in [0, \pi]$;
   $\gamma_3(t) = (\cos t + t \operatorname{sen} t, \operatorname{sen} t - t\ \cos t)\ ,\ t \in [0, \pi]$.

10. Um barbante é enrolado ao redor de um círculo e então desenrolado, sendo mantido esticado. A curva traçada pelo ponto $P$ no final do barbante é chamada de **involuta** do círculo. Se o círculo tiver raio $r$ e centro $O$, a posição inicial de $P$ for $(r, 0)$, e se o parâmetro $\theta$ for escolhido como na figura, mostre que as equaçõoes paramétricas da involuta são:

$$x = r(\cos\theta + \theta \operatorname{sen}\theta) \qquad y = r(\operatorname{sen}\theta - \theta\cos\theta)$$




11. Ache e esboce o domínio das funções:

(a) $f(x, y) = \sqrt{x - y}$ (b)$f(x, y) = \operatorname{arctg} \dfrac{y}{x}$

(c)$f(x, y) = \dfrac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 - 1}}$ (d) $f(x, y, z) = \dfrac{x}{y^z}$

(e) $f(x, y) = \operatorname{tg}(x - y)$ (f) $f(x, y) = \ln(xy^2 - x^3)$

(g) $f(x, y, z) = \ln(16 - 4x^2 - 4y^2 - z^2)$

12. Esboce uma família de curvas de nível de:

(a)$f(x, y) = \dfrac{x + y}{x - y}$ (b)$f(x, y) = x - \sqrt{1 - y^2}$

(c) $f(x, y) = \dfrac{x^2}{x^2 - y^2}$ (d) $f(x, y) = \dfrac{2xy^2}{x^2 + y^4}$

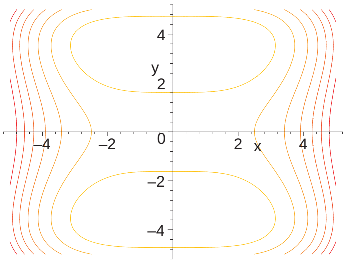
13. (a) Determine uma equação para a superfície formada pelos pontos $P = (x, y, z)$ cuja distância até a origem é igual a $\sqrt{2}$ vezes a distância de $P$ ao eixo $Oz$. Que superfície é essa? Reconheça a curva dada pela intersecção dessa superfície com o plano $y = 1$.

(b) Determine uma equação para a superfície formada pelos pontos $P = (x, y, z)$ cuja distância ao ponto $Q = (0, -1, -2)$ é igual a $\sqrt{2}$ vezes a distância de $P$ à reta $r : \begin{cases} z = 2y \\ x = 0 \end{cases}$.

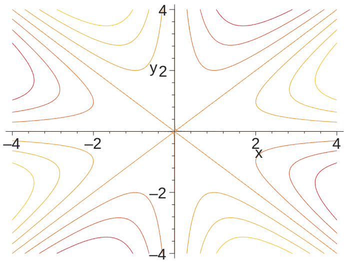
Que superfície é essa? Reconheça e encontre uma equação para a curva dada pela intersecção dessa superfície com o plano $z = 0$.

(c) Refaça (b), considerando $Q = (0, -1, -1)$ e $r : \begin{cases} z = y \\ x = 0 \end{cases}$.

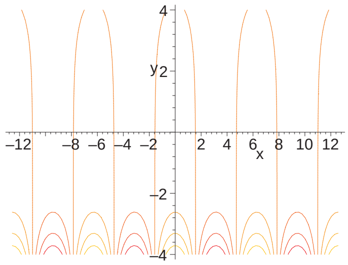
14. São dadas a seguir as curvas de nível e os gráficos de seis funções de duas variáveis reais. Decida quais curvas de nível correspondem a quais gráficos.



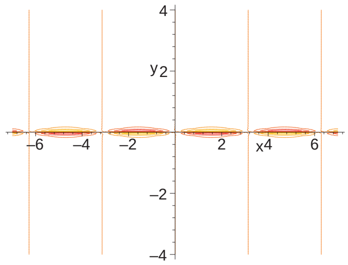

(I)



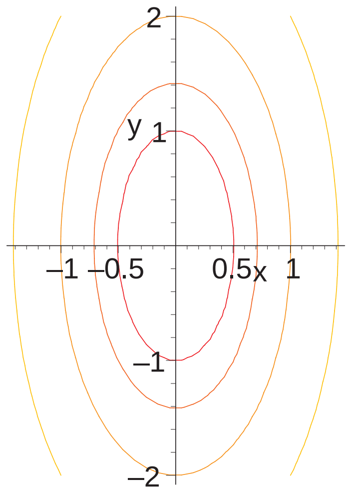

(II)



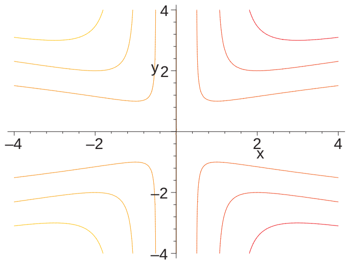

(III)



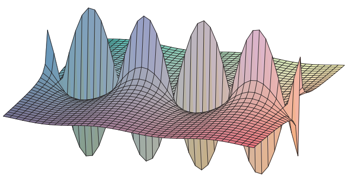

(IV)



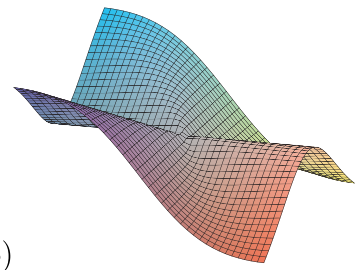

(V)



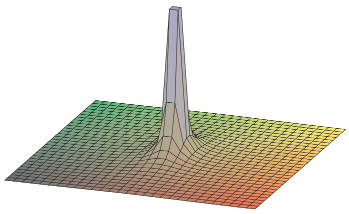

(VI)



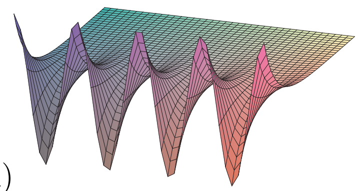
(a)



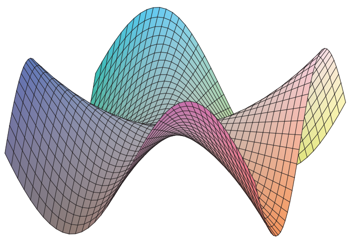
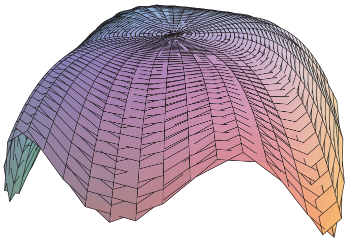
(b)



(c)



(d)

(e)  (f) 

15. Esboce os gráficos de:

(a) $f(x,y) = 1 - x - y$ (b) $f(x,y) = \frac{x}{x^2+1}$ (c) $f(x,y) = \sqrt{x^2+9y^2}$
(d) $f(x,y) = 4x^2 + y^2$ (e) $f(x,y) = y^2 - x^2$ (f) $f(x,y) = y^2 + 1$
(g) $f(x,y) = y^2 + x$ (h) $f(x,y) = xy$ (i) $f(x,y) = e^{-x^2-y^2}$
(j) $f(x,y) = \frac{1}{4x^2+9y^2}$ (k) $f(x,y) = (x-y)^2$ (l) $f(x,y) = x^2 + y^2 + 2y + 3$
(m) $f(x,y) = \frac{1}{(x^2+2y^2)^2}$ (n) $f(x,y) = \ln(9x^2 + y^2)$ (o) $f(x,y) = 2 - \sqrt[4]{x^2+4y^2}$

16. Descreva as superfícies de nível de:

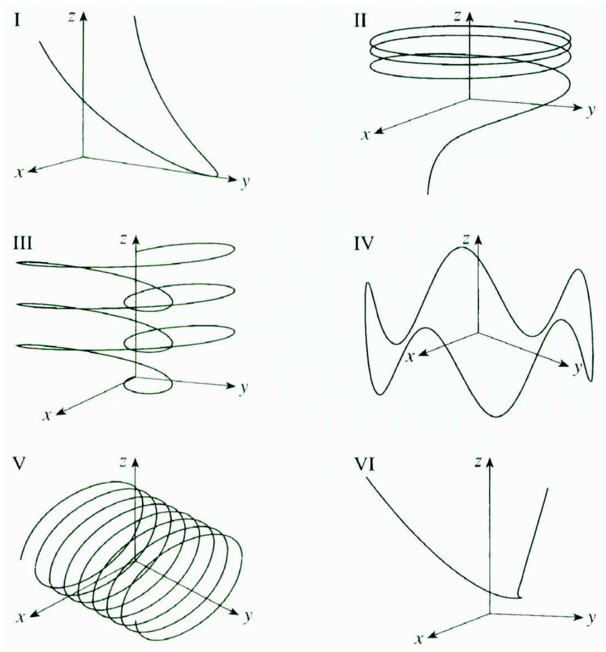
(a) $f(x,y,z) = x + 2y + 3z$ (b) $f(x,y,z) = x^2 + 3y^2 + 5z^2$
(c) $f(x,y,z) = x^2 - y^2 + z^2$ (d) $f(x,y,z) = x^2 - y^2$

17. Desenhe as imagens das seguintes curvas:

(a) $\gamma(t) = (1, t, 1)$ (b) $\gamma(t) = (\cos t, \operatorname{sen} t, 2)$
(c) $\gamma(t) = (e^{-t}\cos t, e^{-t}\operatorname{sen} t, e^{-t}),\ t \geq 0$ (d) $\gamma(t) = (t, \cos t, \operatorname{sen} t),\ t \geq 0$
(e) $\gamma(t) = (\operatorname{sen} t, \operatorname{sen} t, \sqrt{2}\cos t),\ 0 \leq t \leq 2\pi$ (f) $\gamma(t) = (1 + \operatorname{sen} t, 1 + \operatorname{sen} t, \cos t)$

18. Combine as equações com os esboços das imagens. Justifique a sua escolha:

(a) $\gamma(t) = (\cos 4t, t, \operatorname{sen} 4t)$ (b) $\gamma(t) = (t^2 - 2, t^3, t^4 + 1)$
(c) $\gamma(t) = (t, \frac{1}{1+t^2}, t^2)$ (d) $\gamma(t) = (\operatorname{sen} 3t\ \cos t, \operatorname{sen} 3t \operatorname{sen} t, t)$
(e) $\gamma(t) = (\cos t, \operatorname{sen} t, \ln t)$ (f) $\gamma(t) = (\cos t, \operatorname{sen} t, \operatorname{sen} 5t)$



19. O elipsóide $4x^2 + 2y^2 + z^2 = 16$ e o plano $y = 2$ têm como intersecção uma elipse. Ache a equação da reta tangente a essa elipse no ponto (1,2,2).

20. Encontre uma parametrização para a curva dada pela intersecção do plano $x = z$ com o parabolóide $x^2 + y^2 = z$.

21. Seja $f(x, y) = \sqrt{x^2 + y^2 + 4}$ e seja $\gamma(t) = (t\,\cos t, t\,\mathrm{sen}\, t, \sqrt{t^2 + 4}),\ t \geq 0$.
(a) Mostre que a imagem de $\gamma$ está contida no gráfico de $f$.
(b) Faça um esboço da imagem de $\gamma$.

22. Encontre uma parametrização para a curva obtida pela intersecção do parabolóide hiperbólico $z = y^2 - x^2$ com o cilindro $x^2 + y^2 = 1$.

23. Seja $f(x, y) = \sqrt{4x^2 + y^2}$.
(a) Esboce as curvas de nível e o gráfico de $f$.
(b) O gráfico de $f$ e o plano $z = 2x+1$ têm como intersecção uma curva. Parametrize essa curva.

24. Seja $\gamma(t) = (\sqrt{t^2 + 1}\cos t\,,\ \sqrt{t^2 + 1}\ \mathrm{sen}\, t\,,\ t)\,,\ t \in \mathbb{R}$. Verifique que a imagem de $\gamma$ está contida na superfície $x^2 + y^2 - z^2 = 1$. Esboce a imagem de $\gamma$.

25. Encontre uma parametrização para a curva obtida pela intersecção da superfície $x^2 + y^2 - 2z^2 = 1$ com o plano $y = 2z + 1$.

26. O parabolóide $z = 6 - x - x^2 - 2y^2$ e o plano $x = 1$ têm como intersecção uma parábola. Ache a equação da reta tangente a essa parábola no ponto (1,2,-4). Ache a intersecção dessa reta com o plano $xy$. Use um computador para visualizar, na mesma tela, os gráficos do parabolóide, da parábola e da reta tangente.

27. Seja $f(x, y) = 2x^2 - 4x + y^2 + 2$. Esboce as curvas de nível e o gráfico de $f$. Encontre uma parametrização para a intersecção do gráfico de $f$ com o plano $z = -4x + 4$.

========================================

## RESPOSTAS: CURVAS E SUPERFÍCIES

3. a) Hor.: $(0, -9)$; Vert.: $(-2, -6), (2, -6)$; b) Hor.: $(-2, -2), (-4, 2)$; Vert.: $(0, 0)$, $(-4, 2)$; c) Hor.: $(-3, -2), (1, 2)$; Vert.: $(0, 0)$, $(\frac{-3}{16}, \frac{11}{8})$ e $(-8, 2)$; d) Hor.: $(4, -16)$, $(-28, 16)$; Vert.: $(0, 0), (-1, -11)$. Auto-intersecção: (a) $(0, 0)$; (b) $(-4, 2)$; (c) e (d) não têm.

5. Não. $\gamma(t) = (t^3, t^2)$

6. $y = x$ e $y = -x$

7. a) (0,0), $y = x$ e $y = -x$; b) (0,0), $y = \sqrt{3}x$ e $y = -\sqrt{3}x$; c) (1,0), $y = -\sqrt{3}x$ e $y = \sqrt{3}x$

9. a) $L(\gamma) = \int_a^b ||\gamma'(t)||$ b) $L(\gamma_1) = 64\sqrt{5}$; $L(\gamma_2) = 2\sqrt{2}$; $L(\gamma_3) = \frac{\pi^2}{2}$.

11. a) $D_f = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 | y \leq x\}$
b) $D_f = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 | x \neq 0\}$
c) $D_f = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 | x^2 + y^2 > 1\}$
d) $D_f = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 | y > 0\}$
e) $D_f = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 | y \neq x + \frac{1+2k}{2}\pi,\ k \in \mathbb{Z}\}$
f) $D_f = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 | x(y - x)(y + x) > 0\}$
g) $D_f = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 | x^2 + y^2 + \frac{z^2}{4} < 4\}$

13. a) É um cone. Equação $z^2 = x^2 + y^2$

A curva é uma hipérbole.

b) É um cone. Equação: $5x^2 + 3y^2 - 3z^2 - 8yz - 10y - 20z = 25$

A curva é uma elípse. Equação $15x^2 + 9(y - \frac{5}{3})^2 = 100$

c) É um cone. Equação $x^2 - 2yz - 2z - 2y = 2$

A curva é uma parábola. Equação $x^2 - 2y = 2$

16. a) família de planos paralelos; b) família de elipsóides com centro em $(0, 0, 0)$; c) família de hiperbolóides de uma ou duas folhas; d) família de cilindros hiperbólicos.

19. $X = (1, 2, 2) + \lambda(1, 0, -2),\ \lambda \in \mathbb{R}$

20. $\gamma(t) = (\ \frac{1}{2}(1 + \cos t), \frac{1}{2}\text{sen}\, t, \frac{1}{2}(1 + \cos t)\ ),\ t \in [0, 2\pi]$

22. $\gamma(t) = (\cos t, \text{sen}\, t, -\cos 2t),\ t \in [0, 2\pi]$

23. (b) $\gamma(t) = (\dfrac{t^2 - 1}{4}, t, \dfrac{t^2 + 1}{2}),\ t \in \mathbb{R}$

25. $\gamma(t) = (\sqrt{2}\cos t, 2\text{sen}\, t - 1, \text{sen}\, t - 1),\ t \in [0, 2\pi]$

26. $X = (1, 2, -4) + \lambda(0, 1, -8),\quad \lambda \in \mathbb{R}.$

27. $\gamma(t) = (\cos\ t, \sqrt{2}\,\text{sen}\, t, -4\cos\ t + 4)\ ,\ t \in\ [0, 2\pi]\ .$