

Os logaritmos decimais

Introdução

Na aula anterior, vimos que os números positivos podem ser escritos como potências de base 10. Assim, introduzimos a palavra logaritmo no nosso vocabulário.

Nesta aula você descobrirá as propriedades dos logaritmos e aprenderá a utilizá-las na solução de diversos problemas. Antes disso, vamos falar um pouco sobre sua importância histórica.

Um pouco de história

Os logaritmos foram inventados na primeira metade do século XVII para facilitar cálculos complicados que a vida na época já exigia. Os navegantes precisavam saber onde estavam, a partir da posição de certas estrelas no céu. Os astrônomos, por sua vez, precisavam determinar a posição das estrelas e dos planetas ao longo do ano, prever os eclipses e as marés a partir da órbita da lua e estudar diversos outros fenômenos do céu. Os banqueiros precisavam fazer os cálculos dos juros e para todas essas atividades o trabalho era enorme. O astrônomo, por exemplo, podia saber que cálculos fazer para resolver um problema, mas frequentemente levava meses para obter o resultado.

As primeiras tábuas de logaritmos foram festejadas como um enorme avanço da ciência, pois possibilitavam uma rapidez no cálculo, a qual, até pouco tempo, seria considerada inacreditável.

Mas o que as tábuas de logaritmos realmente fazem?

A **tábua de logaritmos** é uma tabela de duas colunas de números com a seguinte propriedade: multiplicar dois números na coluna da esquerda é o mesmo que somar os números correspondentes na coluna da direita. Dessa forma, é possível substituir uma multiplicação por uma soma (que é uma operação muito mais rápida) e uma divisão por uma subtração.

Veja pequena parte de uma tabela de logaritmos:

NÚMEROS	LOGARITMOS
...	...
36	1,5563
37	1,5682
38	1,5798
...	...
64	1,8062
65	1,8129
66	1,8195
...	...
2404	3,3809
2405	3,3811
2406	3,3813

Para exemplificar, consideremos a multiplicação de 37 por 65. Para não fazer a conta diretamente, podemos procurar os logaritmos desses números na coluna da direita e somá-los: $1,5682 + 1,8129 = 3,3811$. Em seguida, basta procurar o número correspondente a esse resultado na coluna da esquerda.

Assim, concluímos que:

$$37 \cdot 65 = 2405$$

Se consideramos ainda que, com os logaritmos, foi possível calcular potências e extrair raízes de qualquer índice fazendo apenas multiplicações e divisões, podemos entender por que essa invenção foi, de fato, revolucionária.

Os logaritmos que você estudará nesta aula são chamados de **logaritmos decimais** porque todos os números serão representados como potências de base 10. Escolhemos essa base (e não uma outra qualquer) porque é a mesma base do nosso sistema de numeração. Entretanto, a teoria dos logaritmos pode ser desenvolvida de forma exatamente igual em qualquer base.

Nossa aula

Definição

O logaritmo (decimal) do número positivo x é o número y tal que $10^y = x$.

Representando o logaritmo de x pelo símbolo $\log x$ temos:

$\log x = y$ significa que $10^y = x$

A partir dessa definição concluímos que:

$\log 1 = 0$	porque	$10^0 = 1$	
$\log 10 = 1$	porque	$10^1 = 10$	
$\log 100 = 2$	porque	$10^2 = 100$	
$\log 1000 = 3$	porque	$10^3 = 1000$	e assim por diante.

Repare ainda que:

$$\log 0,1 = -1 \qquad 10^{-1} = \frac{1}{10} = 0,1$$

$$\log 0,01 = -2 \qquad 10^{-2} = \frac{1}{100} = 0,01 \text{ e assim por diante.}$$

Cálculos extremamente trabalhosos foram necessários para representar os números positivos como potências de 10. Por exemplo, foi calculado que $10^{0,301}$ é igual a 2. Isso significa que $\log 2 = 0,301$.

Desse modo, determinamos que o logaritmo de um número é o expoente a que devemos elevar a base 10 para dar como resultado esse número.

Veja outros exemplos:

$$10^{0,477} = 3 \qquad \text{significa que } \log 3 = 0,477$$

$$10^{1,8129} = 65 \qquad \text{significa que } \log 65 = 1,8129$$

Como devemos fazer para calcular o logaritmo de qualquer número? Diremos que conhecendo os logaritmos dos números primos é possível calcular o logaritmo de qualquer outro número, utilizando certas propriedades. Por isso, vamos descobrir essas propriedades e depois ver o que podemos fazer com elas.

Propriedades

O logaritmo do produto

Suponha que o logaritmo do número **a** seja **x** e que o logaritmo do número **b** seja **y**.

$$\begin{aligned} \log a &= x \\ \log b &= y \end{aligned}$$

De acordo com a nossa definição temos:

$$\begin{aligned} 10^x &= a \\ 10^y &= b \end{aligned}$$

Multiplicando essas duas igualdades temos:

$$\begin{aligned} 10^x \cdot 10^y &= ab \\ 10^{x+y} &= ab \end{aligned}$$

Isso significa que **x + y** é o logaritmo do produto **ab**, ou seja:

$$\log ab = x + y$$

Como $x = \log a$ e $y = \log b$ temos a **primeira propriedade**:

$$\log ab = \log a + \log b$$

Logaritmo do quociente

Considere novamente as igualdades:

$$\begin{aligned} 10^x &= a \\ 10^y &= b \end{aligned}$$

Agora, dividindo membro a membro, obtemos:

$$\frac{10^x}{10^y} = \frac{a}{b}$$

e isto significa que $x - y$ é o logaritmo do quociente $\frac{a}{b}$, ou seja,

$$\log \frac{a}{b} = x - y$$

Mas como $x = \log a$ e $y = \log b$ temos a nossa **segunda propriedade**:

$$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$

EXEMPLO 1

Sabendo que $\log 2 = 0,301$ e $\log 3 = 0,477$, calcular $\log 6$ e $\log 1,5$.

Solução:

Como $6 = 2 \cdot 3$ e $1,5 = \frac{3}{2}$, vamos aplicar as duas primeiras propriedades:

a) $\log 6 = \log 2 \cdot 3 = \log 2 + \log 3 = 0,301 + 0,477 = 0,778$

b) $\log 1,5 = \log \frac{3}{2} = \log 3 - \log 2 = 0,477 - 0,301 = 0,176$

O logaritmo de uma potência

Suponha que o logaritmo de um número a seja igual a x . Se $\log a = x$, então $10^x = a$. Elevando os dois lados dessa última igualdade à potência n :

$$\begin{aligned} (10^x)^n &= a^n \\ 10^{nx} &= a^n \end{aligned}$$

Temos então que nx é o logaritmo de a^n , ou seja,

$$\log a^n = nx$$

Substituindo x por $\log a$, temos a **terceira propriedade**:

$$\log a^n = n \cdot \log a$$

EXEMPLO2

Conhecendo os logaritmos de 2 e de 3, calcular o logaritmo de 144.

Solução:

Fatorando 144 encontramos $2^4 \cdot 3^2$. Observe, no desenvolvimento do cálculo, a aplicação da primeira e da terceira propriedades:

$$\begin{aligned} \log 144 &= \log 2^4 \cdot 3^2 = \log 2^4 + \log 3^2 = \\ &= 4 \cdot \log 2 + 2 \cdot \log 3 = \\ &= 4 \cdot 0,301 + 2 \cdot 0,477 \\ &= 1,204 + 0,954 \\ &= 2,158 \end{aligned}$$

Como você verá no próximo exemplo, podemos calcular os logaritmos de todos os números conhecendo apenas os logaritmos dos números primos.

Observe a tabela ao lado e acompanhe.

n	log n
2	0,3010
3	0,4771
5	0,6990
7	0,8451
11	1,0414
13	1,1139
17	1,2304
19	1,2788

EXEMPLO3

Calcular o logaritmo de 13,6.

Solução:

O número 13,6 é igual a $\frac{136}{10}$.

Fatorando o número 136 encontraremos $2^3 \cdot 17$. Veja novamente a aplicação das propriedades:

$$\begin{aligned} \log 13,6 &= \log \frac{136}{10} = \\ &= \log 136 - \log 10 \\ &= \log 2^3 \cdot 17 - \log 10 \\ &= \log 2^3 + \log 17 - \log 10 \\ &= 3 \cdot \log 2 + \log 17 - \log 10 \end{aligned}$$

Substituindo os valores de log 2 e log 17 que estão na tabela, e levando em conta que $\log 10 = 1$, temos:

$$\log 13,6 = 3 \cdot 0,310 + 1,2304 - 1 = 1,1334$$

Antigamente, publicavam-se imensas tabelas de logaritmos. Nas mais simples, os logaritmos eram dados com 4 casas decimais e nas maiores, com até 14 casas decimais. Com o aparecimento das calculadoras eletrônicas, as tabelas perderam sua função. As calculadoras científicas fornecem os logaritmos dos números instantaneamente. Basta apertar a tecla **LOG** que elas possuem. Conhecendo um logaritmo, as calculadoras científicas também nos dizem a que número ele corresponde.

No entanto, são poucas as pessoas que possuem essas máquinas. Em geral, usamos no nosso dia-a-dia a calculadora simples, que possui apenas as quatro operações, a raiz quadrada e uma memória. Por isso, para as nossas aplicações precisaremos consultar uma tabela.

A consulta à tabela que vamos fornecer é fácil. Mas antes de lidar com ela, devemos aprender mais algumas coisas.

Característica e mantissa

O logaritmo de um número é constituído de duas partes: uma antes da vírgula e outra depois da vírgula. A primeira chama-se **característica** e a segunda chama-se **mantissa**. Veja isso no exemplo:

$$\log 24 = 1,3802$$

↗
↖
 característica mantissa

A característica situa o número dado entre duas potências consecutivas de 10. Logaritmos de números entre 1 e 10 possuem característica 0; logaritmos de números entre 10 e 100 possuem característica 1; logaritmos de números entre 100 e 1000 possuem característica 2, e assim por diante.

NÚMEROS	CARACTERÍSTICA DO LOGARITMO
entre 1 e 10	0
entre 10 e 100	1
entre 100 e 1000	2
entre 1000 e 10000	3

Veja agora a propriedade da mantissa nos exemplos a seguir:

$\log 2,4 = 0,3802$
$\log 24 = 1,3802$
$\log 240 = 2,3802$
$\log 2400 = 3,3802$

O que você notou? A mantissa é a mesma, somente a característica variou, de acordo com a tabela acima. Quando multiplicamos um número por 10, 100, 1000 etc., a mantissa dos logaritmos não muda. Só a característica varia.

TABELA DE MANTISSAS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0000	0414	0792	1139	1461	1761	2041	2304	2553	2788
2	3010	3222	3424	3617	3802	3979	4150	4314	4472	4624
3	4771	4914	5051	5185	5315	5441	5563	5682	5798	5911
4	6021	6128	6232	6335	6435	6532	6628	6721	6812	6902
5	6990	7076	7160	7243	7324	7404	7482	7559	7634	7709
6	7782	7853	7924	7993	8062	8129	8195	8261	8325	8388
7	8451	8513	8573	8633	8692	8751	8808	8865	8921	8976
8	9031	9085	9138	9191	9243	9294	9345	9395	9445	9494
9	9542	9590	9638	9685	9731	9777	9823	9868	9912	9956
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981

TABELA DE MANTISSAS

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996

Observe como encontramos os logaritmos dos números de 1 a 99 consultando a tabela.

- a) Para números de 1 a 99, a mantissa está na primeira coluna, e a característica será 0, se o número estiver entre 1 e 9, e será 1 se o número estiver entre 10 e 100.

5	6990	→	$\log 7 = 0,8451$
6	7782		
7	8451		
8	9031		
9	9542		

40	6021	→	$\log 43 = 1,6335$
41	6128		
42	6232		
43	6335		
44	6435		

- b) Para números entre 100 e 1000 procure a mantissa da seguinte forma: localize os dois primeiros algarismos na coluna da esquerda e o último algarismo na linha que está acima da tabela. Na interseção está a mantissa; assim, a característica será 2. Veja como localizamos o logaritmo de 267.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757

$$\log 267 = 2,4265$$

Com a tabela também podemos descobrir um número quando o seu logaritmo é conhecido. Suponha, por exemplo, que em certo problema encontramos o logaritmo de um certo número igual a 1,4669. Que número será esse?

A mantissa 4669 está inclusive na parte da tabela que acabamos de mostrar. À esquerda dessa mantissa, vemos na primeira coluna o número 29 e acima dela o número 3. Formamos então o número 293. Como a característica do logaritmo é 1, esse número está entre 10 e 99. Logo, o número procurado é 29,3.

$$\log 29,3 = 1,4669$$

Exercício 1.

Usando só 3 decimais da tabela de logaritmos temos $\log 6 = 0,778$ e $\log 7 = 0,845$. Calcule $\log 42$ pela primeira propriedade, e veja na tabela se o seu resultado está correto.

Exercício 2.

Calcule o logaritmo de 5700.

Sugestão: $5700 = 57 \cdot 100$. Procure na tabela $\log 57$ e use a primeira propriedade.

Exercício 3. Calcule o logaritmo de 0,38.

Sugestão: $0,38 = \frac{38}{100}$. Procure $\log 38$ na tabela e use a segunda propriedade.

Exercício 4.

Encontre na tabela:

- a) $\log 143$
- b) $\log 688$
- c) $\log 32,4$

Exercício 5.

Calcule $\log 31^4$

Exercício 6.

Calcule $\log \sqrt[3]{40}$

Sugestão: Veja que $\sqrt[3]{40} = 40^{\frac{1}{3}}$. Use a tabela e a terceira propriedade.

Exercício 7.

- a) Qual é o número cujo logaritmo é 2,6180?
- b) Qual é o número cujo logaritmo é 1,6180?
- c) Qual é o número cujo logaritmo é 0,6180?

Exercício 8.

A unidade para a medida das distâncias entre as estrelas é o **ano-luz**, que vale 9,5 trilhões de quilômetros. Qual é o logaritmo desse número?

Exercício 9.

Calcule $\sqrt[5]{962}$ de acordo com as seguintes instruções:

- a) Calcule $\log \sqrt[5]{962} = \log 962^{\frac{1}{5}}$ usando a terceira propriedade e o logaritmo de 962 que se encontra na tabela.
- b) Depois que você encontrar o logaritmo, procure a que número ele corresponde. Veja na tabela a mantissa e observe a característica.