

ROTEIRO p SIMULAÇÃO: CIRCUITO RC

Prof. Nildo Loiola Dias

1 OBJETIVOS

- Estudar o circuito RC;
- Verificar a influência do valor da resistência no tempo de carga do capacitor;
- Verificar a influência do valor da capacitância no tempo de carga do capacitor;
- Determinar a constante de tempo capacitiva do circuito RC;
- Determinar o valor da capacitância de um capacitor.

2 MATERIAL

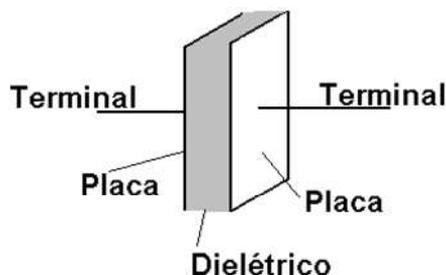
Para a realização dos procedimentos acesse à simulação Circuito RC:

<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/circuito-rc>

3 FUNDAMENTOS

Capacitores são dispositivos usados em circuitos elétricos que tem a capacidade de armazenar carga elétrica. Na sua forma mais simples, é formado por duas placas condutoras, separadas por um material isolante ou dielétrico, Figura 1. Ligados às placas condutoras, estão os terminais para a conexão do capacitor com o circuito desejado.

Figura 1 – Capacitor.



Fonte: próprio autor.

A propriedade de um capacitor armazenar mais ou menos carga por unidade de tensão é chamada de CAPACITÂNCIA, que pode ser escrita matematicamente como:

$$C = \frac{q}{V} \quad (1)$$

onde C é a capacitância, q é a carga elétrica armazenada e V é a tensão.

A unidade de capacitância no SI é o coulomb/volt que recebeu o nome especial de farad (abreviado F). Para efeitos práticos o farad é uma unidade muito grande por isso é mais comum encontrarmos capacitores em faixas de valores submúltiplos do farad, tais como:

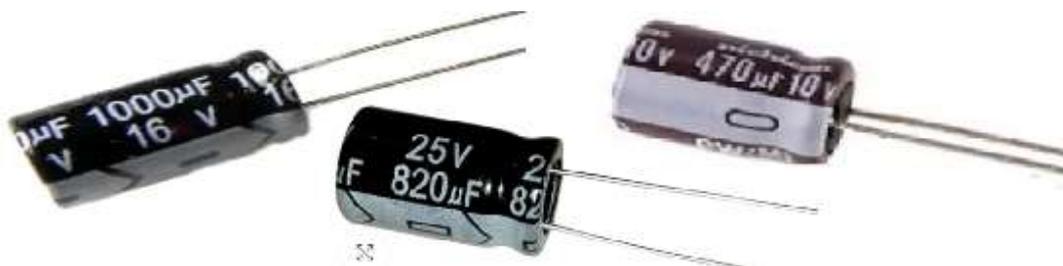
Micro farad: $1\mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$

Nano farad: $1\text{nF} = 10^{-9} \text{ F}$

Pico farad: $1\text{pF} = 10^{-12} \text{ F}$

Além do valor da capacitância, é preciso especificar também o valor limite da tensão a ser aplicada entre os terminais de um capacitor. Como sabemos, todo dielétrico possui como característica uma **rigidez dielétrica** que é o valor máximo do campo elétrico que o material pode tolerar sem haver ruptura do poder isolante, assim, conforme o tipo de capacitor, haverá um valor máximo de tensão, chamado de **tensão de isolamento**, que não pode ser ultrapassado, sob pena de se danificar o capacitor. Na Figura 2 podemos ver 3 capacitores eletrolíticos; em todos eles, é possível ver o valor da capacitância e a tensão de isolamento. Há também uma faixa branca indicado o terminal do capacitor que deve ser ligado a um potencial negativo.

Figura 2 – Capacitores eletrolíticos: 1000 $\mu\text{F}/16\text{ V}$, 820 $\mu\text{F}/25\text{ V}$ e 470 $\mu\text{F}/10\text{ V}$.

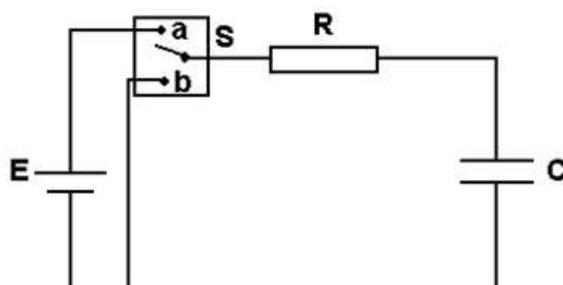


Fonte: próprio autor.

CIRCUITO RC

Vamos agora estudar o comportamento de um capacitor em um circuito simples como o mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Circuito RC.



Fonte: próprio autor.

Estando o capacitor da Figura 3, inicialmente descarregado, a chave S é então ligada, no instante $t = 0$, na posição **a**; assim, o resistor é imediatamente submetido a uma diferença de potencial E, estabelecendo-se uma corrente inicial igual a E/R . O fluxo de carga através do resistor começa então a carregar o capacitor. A presença de carga no capacitor cria, através do mesmo, uma diferença de potencial (igual a q/C), o que faz com que a diferença de potencial nos extremos do resistor diminua desta mesma quantidade, uma vez que a soma das duas diferenças de potencial (sobre o resistor e sobre o capacitor) é sempre igual a E. Isto significa que a corrente é reduzida. Assim, quanto maior é a carga no capacitor, menor será a corrente no circuito. Quando o capacitor estiver completamente carregado, a diferença de potencial sobre o resistor será zero e, portanto, a corrente também será zero.

Deixamos para você a descrição do que ocorre quando a chave S é ligada na posição **b**, após o capacitor estar completamente carregado.

Matematicamente, após ligar a chave S em **a**, em $t = 0$, com o capacitor descarregado, a carga do capacitor varia com o tempo como segue:

$$q = CE \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad (2)$$

a diferença de potencial através do capacitor é então:

$$V_C = \frac{q}{C} = E \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad (3)$$

e a diferença de potencial através do resistor:

$$V_R = E e^{-\frac{t}{RC}} \quad (4)$$

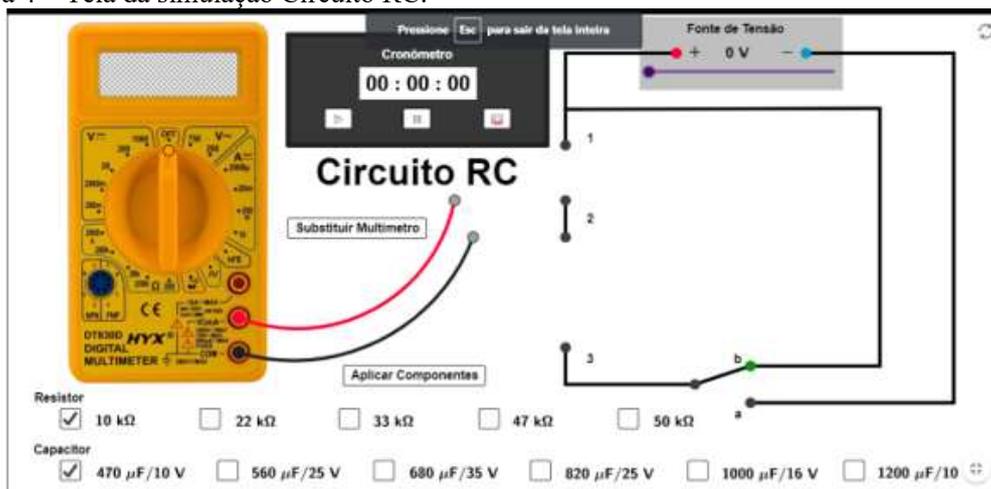
O produto RC , que aparece nas equações acima é chamado de **constante de tempo capacitiva** e é igual ao tempo necessário para que a carga no capacitor atinja cerca de 63% (fazendo $t = RC$ na equação 3, temos que $1 - e^{-1} = 0,63$) do seu valor final de equilíbrio.

4 PROCEDIMENTOS

Para a realização dos procedimentos acesse à simulação Circuito RC: <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/circuito-rc>

Na Figura 4 podemos ver a tela inicial da simulação Circuito RC. Nesta simulação os valores das resistências dos resistores são exatamente iguais aos valores indicados na própria simulação, entretanto, os valores das capacitâncias dos capacitores podem apresentar uma variação dentro de uma tolerância de $\pm 10\%$. O valor da capacitância é definido aleatoriamente pela simulação a cada nova inicialização, por isso as medidas dessa prática devem ser realizadas de uma única vez sem reiniciar.

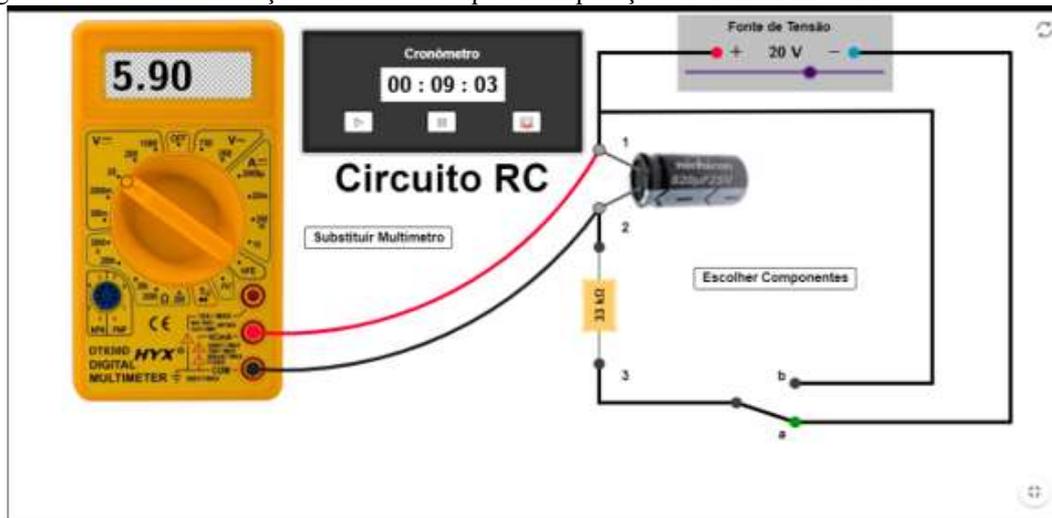
Figura 4 – Tela da simulação Circuito RC.



Fonte: próprio autor.

Ao iniciar a simulação Circuito RC, devemos escolher o valor da resistência (dentre 5 opções) e o valor da capacitância (dentre 6 opções). Após escolher os valores, devemos clicar em “Aplicar Componentes”; então os componentes escolhidos serão incorporados ao circuito como mostra a Figura 5 e a lista de resistências e de capacitores deixa de ser visualizada. Aparece, então, um botão “Escolher Componentes” que deve ser pressionado para a escolha de novos componentes quando necessário. Observe que o circuito da simulação é equivalente ao circuito da Figura 3. Na figura 5 o multímetro foi ligado em paralelo ao capacitor, foi escolhida a escala de 20 V, a fonte foi regulada em 20 V, a chave foi ligada em **a** e o cronômetro foi acionado.

Figura 5 – Tela da simulação Circuito RC após manipulações descritas no texto.



Fonte: próprio autor.

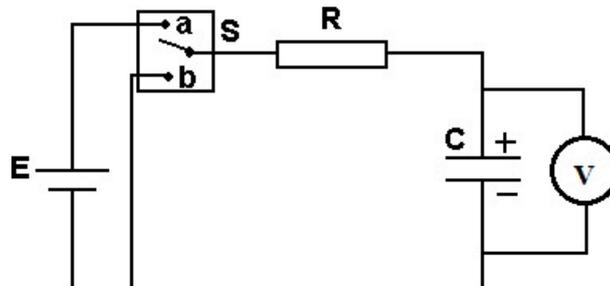
OBS 1: Se for aplicada uma tensão no capacitor maior do que a tensão de ruptura do mesmo, o capacitor será danificado. Isso será indicado na simulação por uma imagem embaçada do capacitor. Se isso ocorrer, devemos pressionar o botão “Escolher Componentes” para prosseguir.

OBS 2: Se a tensão medida pelo multímetro for maior do que a escala escolhida permite, o multímetro queima. Isso será indicado na simulação por uma imagem embaçada do mesmo. Se isso ocorrer, devemos pressionar o botão “Substituir Multímetro” para prosseguir.

PROCEDIMENTO 1: Medida da Tensão no Capacitor em função do Tempo durante a carga do capacitor.

Na Figura 6 está representado o circuito para a medida da tensão sobre o capacitor.

Figura 6 - Circuito para os Procedimentos 1 e 2.



Fonte: próprio autor.

- 1.1 Escolha na simulação Circuito RC: o resistor $R = 33 \text{ k}\Omega$ e o capacitor $C = 560 \text{ }\mu\text{F}$ e em seguida pressione “Aplicar Componentes”.
- 1.2 Ajuste a fonte de tensão para 10 V.
- 1.3 Ligue o multímetro em paralelo com o capacitor e escolha no multímetro a escala apropriada para medir as tensões que serão utilizadas.
- 1.4 Clique sobre a chave comutadora para comutar a ligação de **b** para **a** de modo a permitir a carga do capacitor. Com isso o cronômetro é acionado simultaneamente.
OBS: Ao clicar sobre a chave comutadora a ligação comuta de a para b, ou vice-versa e simultaneamente o cronômetro é zerado e reiniciado.
- 1.5 Anote os valores da tensão sobre o capacitor, V_C , em função do tempo de carga, t , como indicado na Tabela 1.

Tabela 1 - Tensão V_C em função do tempo durante a carga do capacitor.

t (s)	0	5	10	15	20	25	30
V_C (V)	0						
t (s)	40	50	60	70	80	100	120
V_C (V)							

OBS: Anote a tensão medida com o voltímetro, em volt com uma casa decimal. Não tem problema se não conseguir fazer as leituras nos instantes exatos indicados na tabela. Essa observação vale para todas as tabelas desta prática.

- 1.6 Deixe que o circuito permaneça ligado após a tomada das medidas de modo a permitir que o capacitor carregue totalmente para a realização do PROCEDIMENTO 2. Não é necessário esperar até que a tensão no capacitor seja igual à tensão da fonte, basta que a tensão no capacitor seja bem próxima do valor da tensão da fonte.

PROCEDIMENTO 2: Medida da Tensão no Capacitor em função do Tempo durante a **descarga do capacitor**.

Com o capacitor totalmente carregado, após a realização do Procedimento 1.6, faça os procedimentos a seguir:

- 2.1 Anote a tensão do capacitor carregado. Este é o valor de V_C para o instante $t = 0$. Neste caso V_C é igual à leitura do voltímetro imediatamente antes de ligar a chave em **b**.
- 2.2 Clique sobre a chave comutadora para comutar a ligação de **a** para **b** de modo a permitir a descarga do capacitor. Anote a tensão em função do tempo, durante a descarga do capacitor, como indicado na Tabela 2.

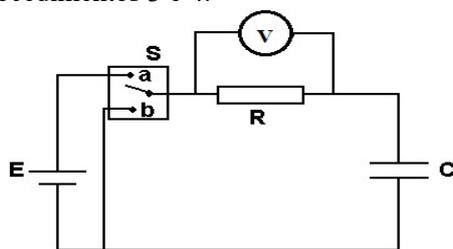
Tabela 2 - Tensão V_C em função do tempo durante a descarga do capacitor.

t (s)	0	5	10	15	20	25	30
V_C (V)	0						
t (s)	40	50	60	70	80	100	120
V_C (V)							

PROCEDIMENTO 3: Medida da **Tensão no Resistor** em função do Tempo durante a **carga do capacitor**.

Nos procedimentos 3 e 4 será utilizado o Circuito RC que está representado na Figura 7, com a chave S inicialmente em **b**.

Figura 7. Circuito para os Procedimentos 3 e 4.



Fonte: próprio autor.

- 3.1 Certifique-se de que a chave está ligada em **b** e que o capacitor está totalmente descarregado.
- 3.2 Ligue o multímetro em paralelo com o resistor e escolha no multímetro a escala apropriada para medir as tensões que serão utilizadas.
- 3.3 Anote V_R para o instante $t = 0$ na Tabela 3. Neste caso V_R é igual à tensão fornecida pela fonte se o capacitor estiver totalmente descarregado.
- 3.4 Clique sobre a chave comutadora para comutar a ligação de **b** para **a** de modo a permitir a carga do capacitor.
- 3.5 Anote os valores da tensão sobre o resistor, V_R , em função do tempo de carga, t , como indicado na Tabela 3.
- 3.6 Calcule a corrente I , em cada instante, dividindo a tensão pelo valor da resistência. Anote na Tabela 3.

Tabela 3 - Tensão V_R e corrente I em função do tempo durante a carga do capacitor.

t (s)	0	5		10	15	20	25	30
V_R (V)								
I (μA)								
t (s)	40	50		60	70	80	100	120
V_R (V)								
I (μA)								

3.7 Deixe que o circuito permaneça ligado após a tomada das medidas de modo a permitir que o capacitor carregue totalmente para a realização do PROCEDIMENTO 4. Quando o capacitor estiver totalmente carregado a tensão no resistor será zero (quando a tensão no resistor for praticamente zero podemos considerar que o capacitor está totalmente carregado).

PROCEDIMENTO 4: Medida da Tensão no Resistor em função do Tempo durante a descarga do capacitor.

Com o capacitor totalmente carregado, após a realização do Procedimento 3.7, faça os procedimentos a seguir:

- 4.1 Anote a tensão no resistor quando o capacitor estiver totalmente carregado. Este é o valor de V_R para o instante $t = 0$. Neste caso V_R é igual à leitura do voltímetro imediatamente antes de ligar a chave em **b**.
- 4.2 Clique sobre a chave comutadora para comutar a ligação de **a** para **b** de modo a permitir a descarga do capacitor. Anote a tensão em função do tempo, durante a descarga do capacitor, como indicado na Tabela 4. Observe que ao ligar a chave em **b** o capacitor começa a se descarregar. A corrente que passa no resistor tem sentido contrário àquela que ocorreu durante

a carga do capacitor, por isso atribuiremos à voltagem sobre o resistor e à corrente pelo mesmo, um sinal negativo.

4.3 Calcule a corrente I , em cada instante, dividindo a tensão pelo valor da resistência. Anote na Tabela 4.

Tabela 4. Tensão V_R e corrente I em função do tempo durante a descarga do capacitor.

t (s)	0	5	10	15	20	25	30
V_R (V)							
I (μA)							
t (s)	40	50	60	70	80	100	120
V_R (V)							
I (μA)							

PROCEDIMENTO 5: Verificação da influência do valor da capacitância no tempo de carga do capacitor.

5.1 Este procedimento é semelhante ao PROCEDIMENTO 1, mas o capacitor de $560 \mu\text{F}$ deverá ser substituído por um de $680 \mu\text{F}$. A tensão da fonte deve ser mantida em 10 V . O resistor de $33 \text{ k}\Omega$ deve ser mantido.

5.2 Clique sobre a chave comutadora para comutar a ligação de **b** para **a** de modo a permitir a carga do capacitor.

5.3 Anote os valores da tensão sobre o capacitor, V_c , em função do tempo de carga, t , como indicado na Tabela 5.

Tabela 5 - Tensão V_C em função do tempo durante a carga do capacitor.

T (s)	0	5,0	10	15	20	25	30
V_C (V)							
T (s)	40	50	60	80	100	120	150
V_C (V)							

OBS: Neste procedimento está sendo solicitado o estudo da tensão no capacitor em função do tempo somente durante a carga do capacitor.

PROCEDIMENTO 6: Verificação da influência do valor da resistência no tempo de carga do capacitor.

6.1 Este procedimento é semelhante ao PROCEDIMENTO 5. O resistor de $33 \text{ k}\Omega$ deve ser substituído por um de $22 \text{ k}\Omega$. O capacitor de $680 \mu\text{F}$ deve ser mantido e a tensão da fonte também mantida em 10 V .

6.2 Clique sobre a chave comutadora para comutar a ligação de **b** para **a** de modo a permitir a carga do capacitor.

6.3 Anote os valores da tensão sobre o capacitor, V_c , em função do tempo de carga, t , como indicado na Tabela 6.

Tabela 6 - Tensão V_C em função do tempo durante a carga do capacitor.

t (s)	0	5,0	10	15	20	25	30
V_C (V)							
t (s)	35	40	50	60	70	80	90
V_C (V)							

5 QUESTIONÁRIO

- 1- Trace em um mesmo gráfico a Tensão no Capacitor (V_C) versus tempo para a carga e a descarga do capacitor (resultados dos procedimentos 1 e 2).
- 2- Trace em um mesmo gráfico a Tensão (V_R) sobre o resistor versus tempo durante a carga e descarga do capacitor (resultados dos procedimentos 3 e 4).
- 3- Trace em um mesmo gráfico a Corrente (I) versus tempo durante a carga e a descarga do capacitor (resultados dos procedimentos 3 e 4).
- 4- Trace em um mesmo gráfico a Tensão versus tempo para a carga do capacitor de $680 \mu\text{F}$ em circuito RC com resistores de $22 \text{ k}\Omega$ e de $33 \text{ k}\Omega$. (resultados dos procedimentos 5 e 6).
- 5- Trace em um mesmo gráfico a Tensão versus tempo para a carga dos capacitores de $560 \mu\text{F}$ e $680 \mu\text{F}$ em circuito RC com um resistor de $33 \text{ k}\Omega$ e $22 \text{ k}\Omega$ (resultados dos procedimentos 1 e 5).
- 6- A constante de tempo capacitiva de um circuito RC pode ser determinada experimentalmente pelo gráfico da tensão versus tempo, durante a carga do capacitor. Para isso basta identificar o tempo para o qual a tensão no capacitor atinge 63 % da tensão da fonte. Determine experimentalmente a constante de tempo capacitiva do circuito do procedimento 1 pelo gráfico de V_C versus t durante a carga do capacitor e determine a capacitância do capacitor, sabendo que o valor da resistência utilizada foi $33 \text{ k}\Omega$.
- 7- Determine teoricamente a tensão em um capacitor após decorrido um tempo t igual a duas vezes a constante de tempo capacitivo. Dê sua resposta em função de um percentual da tensão da fonte que alimenta o circuito RC.
- 8- Em qual procedimento realizado nessa prática a carga armazenada no capacitor foi máxima? E qual o seu valor?