ATENÇÃO: ESTA PÁGINA É UMA VERSÃO ANTIGA DO ROTEIRO E ESTÁ DESATIVADA, PARA ACESSAR O ROTEIRO ATUAL ACESSE ESTE LINK

Dinâmica populacional denso-independente em tempo discreto - Roteiro no R

Uma população em que as taxas de nascimento e mortalidade são constantes tem um crescimento independente da densidade dela própria. Essa situação é geralmente relacionada à ausência de restrição ao crescimento, quando os recursos são ilimitados, mas pode também estar associada a uma depleção de recursos e à extinção da população.

Taxa de crescimento

Vamos imaginar agora uma população hipotética com taxas constante de crescimento e mortalidade e sem migrações. A cada ciclo de tempo relacionado a uma geração (T), o tamanho da população é o resultado do número de indivíduos da geração anterior mais números de nascimentos (B), menos mortes (D).

$$N_{T+1} = N_T + B - D $$

Podemos relacionar o número de mortes e nascimentos a um valor per capita:

- $ B=bN_T $
- $ D=dN_T $

onde: b = taxa de nascimento per capita a cada geração ; d = taxa de mortalidade per capita a cada geração. Note que a taxa não muda com o tamanho da população, entretanto, o número de nascimentos e mortes é proporcional ao tamanho populacional. Vamos apenas deixar claro mais uma premissa, para fins didáticos: os nascimentos e mortalidades ocorrem simultaneamente na população (p.ex: uma planta anual). Sendo *T* a escala de uma geração, podemos então dizer que :

- $N_{T+1} = N_T + bN_T-dN_T $
- $N_{T+1} = N_T + (b-d)N_T $

se: $r_T = b-d$; fator de crescimento discreto

- $N_{T+1} = (1+r_T)N_T$
- $\frac{N_{T+1}}{N_T} = 1+r_T$

Como $ 1+r_T $ é uma constante, vamos designá-la como λ, um número positivo que mede o aumento proporcional da população de uma geração a outra. Portanto:

- $\lambda=\frac{N_{T+1}}{N_T} $, ou:

$$ N_{T+1} = \lambda N_T$$

Projetando a População

Podemos então projetar a nossa população a cada ciclo de tempo (gerações). Por exemplo:

Se uma população com 100 indivíduos tem uma taxa per capita de natalidade de 0,8/ano e de mortalidade de 0,75/ano, qual o tamanho esperado da população no próximo ano?

```
N0=100
lamb=1+(0.8-0.75)
Nt1=N0*lamb
Nt1
```

Podemos também projetar a população para outras gerações, usando iterações:

```
(Nt2=Nt1*lamb)
(Nt3=Nt2*lamb)
(Nt4=Nt3*lamb)
```

Note que:

- $N_{T4}= N_{T0} \lambda \lambda\lambda\lambda $
- $N_{T4}= N_{T0} \lambda^4 $

Essa equação recursiva pode ser escrita como:

$$N_{T}=\lambda^T N_0 $$

Vamos pegar nosso exemplo anterior e projetá-lo para 10 ciclos de tempo.

```
N0=100
lamb=1+(0.8-0.75)
tmax=10
tseq=0:tmax
Nseq=N0*lamb^tseq
Nseq
plot(tseq, Nseq, type="l")
```

Tamanho Inicial

Vamos agora explorar o tamanho inicial da população.

- $N_0 = 10,20,30, 40 $
- $\lambda = 1,5$
- $ tempo = 1:10$

```
tseq=0:10
lamb=1.5
N0=c(10,20,30,40)
N0.mat=matrix(N0, ncol=length(tseq), nrow=length(N0))
N0.mat
lamb_t=lamb^tseq
lambt_mat=matrix(lamb_t,ncol=length(tseq), nrow=length(N0), byrow=TRUE)
Nt=N0.mat*lambt_mat
colnames(Nt)<-paste("t", 0:10, sep="")
rownames(Nt)<-paste("N0", c(10,20,30,40), sep="_")
Nt
matplot(0:10,t(Nt))
```

Vamos agora colocar o mesmo gráfico em uma escala logarítmica para o eixo y.

```
par(mfrow=c(1,2))
matplot(0:10,t(Nt))
matplot(0:10, t(Nt), log="y")
```

O que está acontecendo?? Parece que todas as populações crescem igualmente quando estamos em uma escala logarítmica! Vamos investigar a equação que estamos usando, $N_t=\lambda^T N_0$ e tirar o log dos dois lados da equação:

- $log{N_T} = log{\lambda^T N_0}$
- $ log{N_T} = (log{\lambda}) T + log{N_0} $

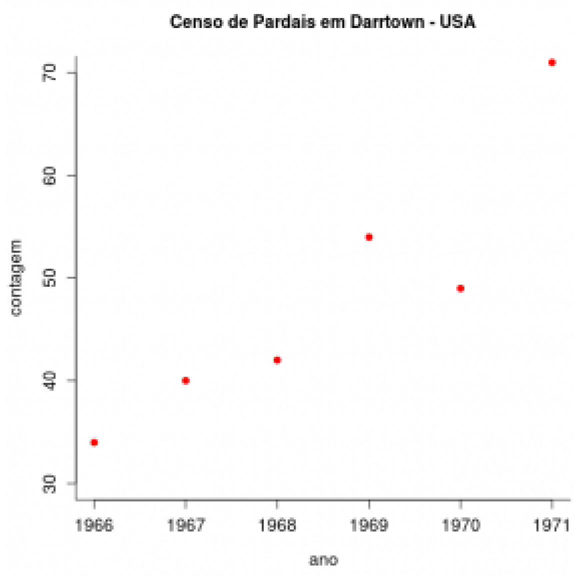
Essa equação lembra uma equação da reta $ y=ax+b $, onde o intercepto é $log(N_0)$ e a inclinação é iqual a $log{\lambda}$.

Desafio

- Demonstre graficamente que a inclinação das populações do exemplo acima são iguais a $log{\lambda}$.

Média do Crescimento Populacional

Vamos agora investigar os dados do tamanho populacional de uma espécie de pardal norte-americano (*Melopiza melodia*) partindo da premissa que essa população cresce em tempo discreto, já que os nascimentos ocorrem em um intervalo curto de tempo de nidificação a cada ano.



O gráfico representa a contagem de pardais cantores na cidade de Darrtown, OH, USA. Baixe os dodos do arquivo pardal.txt no seu computador.

Vamos calcular os λ para os cinco primeiros intervalos:

```
pardal<-read.table("pardal.txt", header=TRUE, sep="\t", as.is=TRUE)
str(pardal)
head(pardal)
pardal6= pardal[1:6,]
plot(pardal6$Count ~pardal6$Year)
lamb_pardal=pardal6$Count[2:6]/pardal6$Count[1:5]
lamb_pardal
```

Agora, vamos calcular a projeção da população pela média aritmética e geométrica dos λ e desenhar as projeções junto com os dados observados!

```

#media aritmetica
(lamb.art = mean(lamb_pardal))
#media geometrica
(lamb.geo = prod(lamb_pardal)^(1/5))
tseq=0:5
plot(tseq, pardal6$Count, pch=19)
N0=pardal6$Count[1]
lines(tseq, N0*lamb.art^tseq, lty=2, col="red")
lines(tseq, N0*lamb.geo^tseq, lty=3, col="blue")
```

- Qual das duas médias parece se ajustar melhor aos dados observados? Por quê?

Crescimento Discreto

Abaixo tem o código de uma função base para a projeção do crescimento de uma população, que pode ser usada como estrutura básica para outras funções que iremos desenvolver no curso. No caso, é uma funcão com 3 argumentos: número de indivíduos no tempo 0 (N0), taxa de crescimento populacional (lamb) e o tempo máximo (tmax) de projeção da população.

```
cresc.geom= function(No=100, lamb=1.04, tmax=10)
{
resulta <- rep(NA,tmax)
resulta[1] <- No
    for (i in 2:tmax)
    {
    tam=resulta[i-1]*lamb
    resulta[i]=tam
    }
return(resulta)
}
```

Ao copiar esse código na área de trabalho do R, um novo objeto é criado, de nome *cresc.geom*. Ele é um objeto da classe função que você pode usá-lo digitando o seu nome e especificando seus argumentos, como no exemplo a seguir:

```

resultado <- cresc.geom(No=10, lamb=0.98, tmax=100)
```

Note que o resultado da função, nesse caso, será guardado no objeto *resultado*. Para fazer um gráfico dos resultados pode utilizar o código abaixo:

```
plot(1:length(resultado), resultado)
```

Estocasticidade Ambiental

Flutuações ambientais podem exercer efeito na taxa de crescimento instantâneo da população. De uma forma simples, podemos imaginar que essa variação funcione como um ruído no *r*, como se a população em média tivesse uma taxa, mas a cada realização ela pudesse ser um tanto diferente devido a condições externas a ela própria. A implementação dessa estocasticidade ambiental em modelos contínuos é um pouco mais complicada, mas podemos imaginá-la como realizações em algum intervalo pequeno de tempo. Para um crescimento discreto a construção de simulações com estocasticidade ambiental é mais intuitivo: a cada realização o Lambda é afetado pela variação ambiental. Vamos fazê-la.

```
npop=10
n0=10
lamb.med = 1.2
lamb.sd= 0.4
lamb = rnorm(npop, mean=lamb.med, sd=lamb.sd)
N0=rep(n0,npop)
N1=lamb*N0
lamb=rnorm(npop, mean=lamb.med, sd=lamb.sd)
N2=N1*lamb
N3=N2*rnorm(npop,mean=lamb.med,sd=lamb.sd)
N4=N3*rnorm(10,mean=lamb.med,sd=lamb.sd)
```

```
N5=N4*rnorm(10,mean=lamb.med,sd=lamb.sd)
Nt<-rbind(N0,N1,N2,N3,N4,N5)
matplot(0:5, Nt, type="l", lty=2:7)
```

Desafio

É possível adaptar a nossas função anterior de crescimento discreto para que possa também modelar populações com estocasticidade ambiental!

Dicas

O primeiro passo sempre e pensar quais argumentos vamos precisar Nesse caso, temos apenas mais um argumento o ***lamb.dp*** : o desvio padrão de *lambda*. O resto continua o mesmo, lembre-se que se o ***lamb.dp*** for 0, nosso população é determinística! Ou seja, a mesma função pode se prestar para simular ambos cenários.

R, uma população, crescimento exponencial, tempo discreto, tempo contínuo, estocasticidade ambiental