



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



Climatologia

Profa. Renata Gonçalves Aguiar

Temperatura do Solo

2

Temperatura do Solo

Qual o tipo de transporte de calor?

O regime térmico de um solo é determinado pelo aquecimento da superfície pela radiação solar e transporte, por condução, de calor sensível para seu interior.

3

Fatores Determinantes

Fatores Externos

Relacionados aos elementos do clima:

- irradiância solar global;
- temperatura do ar;
- chuva e vento.

4

Fatores Determinantes

Fatores Intrínsecos

- Tipo de solo
- Relevo
- Cobertura do terreno

5

Tipo de solo

Solos Arenosos

Tendem a apresentar maiores amplitudes térmicas diárias nas camadas superficiais e menores em profundidade. Isso ocorre pelo fato dos solos arenosos terem maior porosidade, havendo um menor contato entre as partículas do solos, dificultando assim o processo de condução.

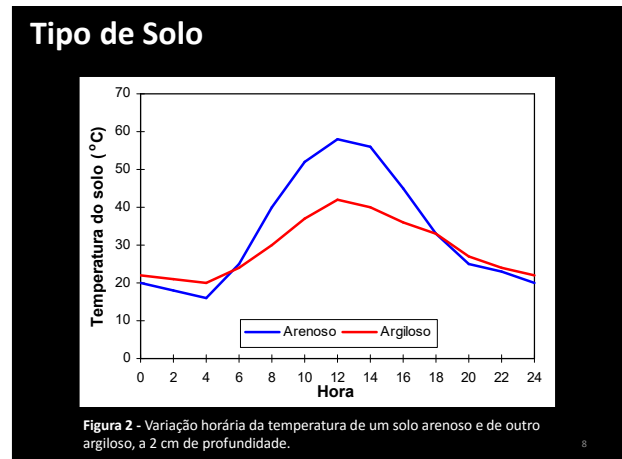
6

Tipo de solo

Solos Argilosos

Os solos argilosos, por sua vez, apresentam maior eficiência na condução de calor, tendo menor amplitude térmica diária.

7



Tipo de solo

Os solos arenosos são mais frequentes em áreas de floresta ou de cultivo?

9

Tipo de Solo

Tabela 1 - Valores médios com IC de 95% da análise granulométrica e classes texturais nas microbacias FNS e Rebio Jaru.

Local	Perfil	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Classe Textural
FNS 1	A	8,80 ± 1,19	8,17 ± 0,95	83,03 ± 1,06	Areia-franca
	B	9,15 ± 1,05	9,62 ± 2,22	81,23 ± 1,61	Areia-franca
FNS 2	A	15,33 ± 2,12	12,8 [11,15; 15,04]	71,86 ± 3,03	Franco-arenosa
	B	12,83 ± 2,09	21,55 ± 4,39	65,62 ± 3,88	Franco-arenosa
Rebio 1	A	19,1 ± 3,45	39,02 ± 4	41,88 ± 2,63	Franco
	B	19,15 ± 2,36	43,71 ± 1,66	37,14 ± 2	Franco
Rebio 2	A	9 ± 0,75	10,91 ± 2,46	80,09 ± 2,79	Areia-franca
	B	9,15 ± 0,63	13,66 ± 1,94	77,19 ± 2,06	Franco-arenosa

Nota: Todo valor entre [] corresponde a um intervalo de confiança de 95%, em que o pressuposto não foi atendido.

Fonte: Carreira, 2014.

10

Relevo

Este é um fator topoclimático, que condiciona o terreno a diferentes exposições à radiação solar direta e, também, ao acúmulo de ar frio durante o inverno.

11

Relevo

Os terrenos de meia-encosta voltados para o norte (no hemisfério Sul) recebem mais energia do que os voltados para o sul.

Nas baixadas ocorre um maior acúmulo de ar frio durante o inverno, o que acaba condicionando redução da temperatura do solo.

12

Cobertura do Terreno

É um fator microclimático.

Solos sem cobertura (desnudos) ficam sujeitos a grandes variações térmicas diárias nas camadas superficiais.



Solo totalmente exposto

Climatologia - UNIR

13

Cobertura do Terreno

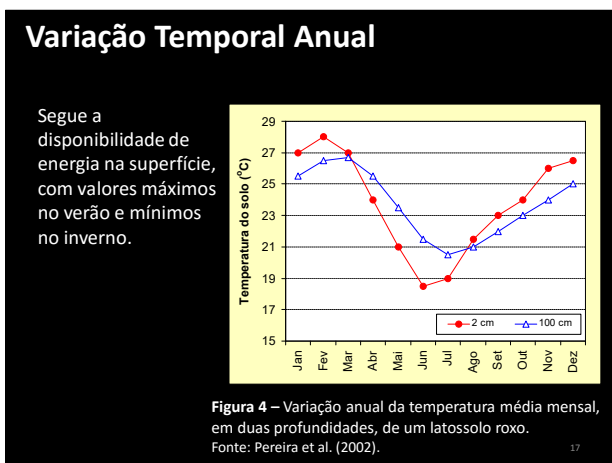
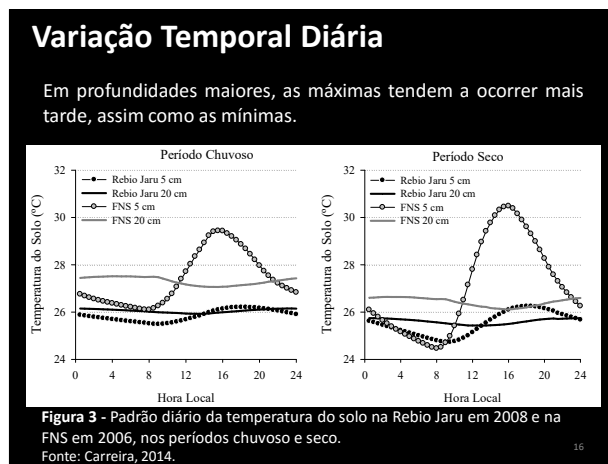
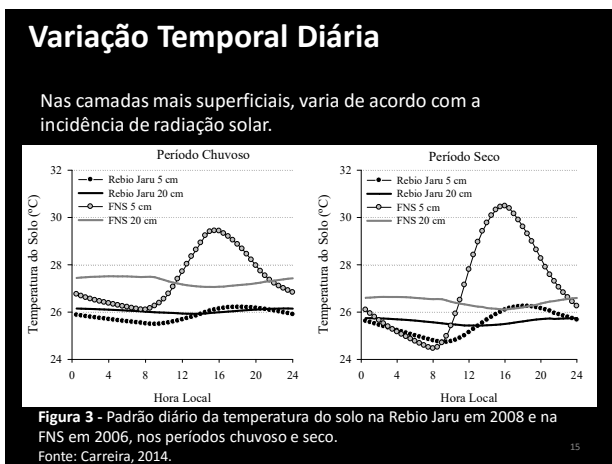
A vegetação modifica o balanço de radiação, pois a cobertura intercepta a radiação solar, impedindo que essa atinja o solo diretamente.





Cafezal Floresta

Climatologia - UNIR

14



2.3 – Umidade do Ar



Fonte: climaambiente.wordpress

18

Umidade do Ar

Como definir?

Umidade é o termo usado para descrever a presença de vapor d'água no ar.

19

Umidade do Ar

Qual o teor na atmosfera?

O teor de vapor d'água na atmosfera varia de 0 a 4% (ou 7%) do volume de ar. Isso quer dizer que em uma dada massa de ar, o máximo de vapor d'água que ela pode reter é 4% (ou 7%) de seu volume.

20

Umidade do Ar

Caso a umidade corresponda a 0% do volume de ar ⇒ AR SECO

Caso a umidade corresponda a um valor entre 0% e 7% do volume de ar ⇒ AR ÚMIDO

Caso a umidade corresponda a 7% do volume de ar ⇒ AR SATURADO

21

Umidade do Ar

Ar Saturado

Um ambiente é dito saturado a uma determinada temperatura, quando possui a quantidade máxima possível de vapor d'água aquela temperatura.

Com o aumento da temperatura, o ar tem uma maior capacidade de reter vapor e com o resfriamento essa capacidade diminui.

22

Umidade do ar

Figura 5 - Sistema fechado, a 20 °C, no qual em (a) têm-se o ar seco.

À medida que a evaporação ocorre, a pressão exercida pelo vapor d'água aumenta (b).

Até atingir a condição de saturação para essa temperatura (c).

Caso haja o aumento da temperatura do sistema, a capacidade máxima de retenção de vapor do ar aumenta (d).

23

Umidade do Ar

A água na atmosfera e suas mudanças de fase desempenham papel importantíssimo em diversos processos físicos naturais:

- Transporte e distribuição de calor
- Absorção da radiação
- Evaporação/Evapotranspiração

24

Umidade do Ar

Afeta vários aspectos relacionados à agricultura, silvicultura, pecuária e conservação de alimentos:

Conforto térmico **Incêndios florestais**

Consumo hídrico das plantas **Relação plantas-doenças/pragas**

Secagem, armazenamento e processamento de grãos



Umidade do Ar

A presença de vapor d'água pode ser descrita quantitativamente de várias maneiras.

- Umidade relativa
- Umidade específica
- Pressão de vapor

Umidade do Ar

Lei de Dalton

A pressão atmosférica (P_{atm}) é igual à soma das pressões parciais exercidas por todos os constituintes atmosféricos.

$$P_{atm} = P_N + P_O + \dots + P_{CO2} + P_{O3} + P_{H2Ov}$$

$$P_{atm} = P_{Ar\ Seco} + P_{H2Ov}$$

Umidade do Ar

Pressão de vapor do ar saturado (e_s): pressão parcial exercida pelo vapor d'água, em condições de saturação.

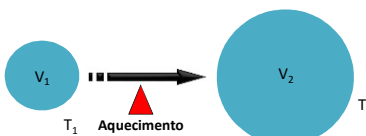
Pressão de vapor (e): pressão real de vapor d'água na atmosfera.

São expressos em unidade de pressão.

$$1\ atm = 760\ mmHg = 1013,3\ mb = 1013,3\ hPa = 101,33\ kPa$$

Umidade do Ar

De acordo com a Lei dos Gases Ideais o ar atmosférico tem a capacidade de se contrair e expandir com a variação de sua temperatura. Assim, a capacidade do ar em reter vapor d'água, em termos absolutos, irá aumentar com a temperatura.



$T_2 > T_1$ e $V_2 > V_1$

O aumento da temperatura provoca o aumento do volume, devido à expansão do ar

Umidade do Ar

Quanto maior a temperatura do ar maior sua capacidade em reter vapor d'água.

Umidade Específica do Ar

É a massa de vapor d'água contida na unidade de massa do ar.

$$q = \frac{0,622e}{P - 0,378e}$$

q = umidade específica do ar (kg de vapor d'água/kg de ar úmido).

e = pressão real do vapor d'água na atmosfera (hPa).

P = pressão atmosférica local (hPa).

31

Umidade Específica do Ar

Fórmulas

$$e = \frac{URxe_s}{100}$$

$$e_s = 6,1078 \times 10^{\left(\frac{7,5t}{237,3+t}\right)}$$

para $t \geq 0 \text{ } ^\circ\text{C}$

UR = umidade relativa do ar (%)

e = pressão real do vapor d'água na atmosfera (hPa)

e_s = pressão do vapor d'água do ar saturado (hPa), equação de Tetens

t = temperatura do ar ($^\circ\text{C}$)

32

Variação Temporal Anual

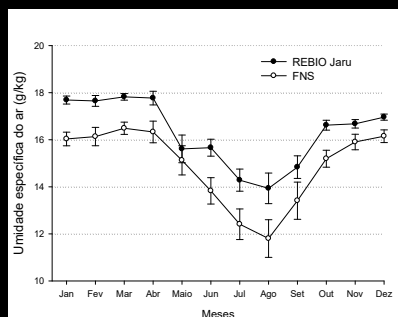


Figura 6 - Média mensal da umidade específica do ar e IC de 95% na REBIO Jaru e na FNS nos anos de 1999 a 2010.

Fonte: Gomes, 2011.

33

Variação Temporal Anual

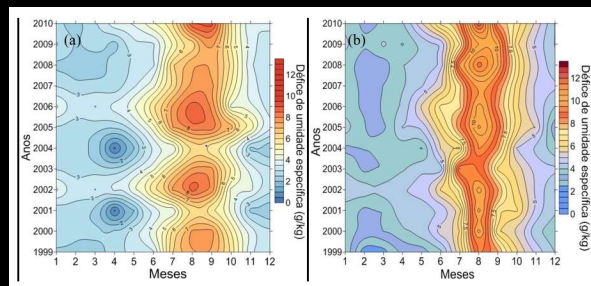


Figura 7 - Variabilidade do déficit de umidade específica do ar nos anos de 1999 a 2010 na REBIO Jaru (a) e na FNS (b).

Fonte: Gomes, 2011.

34

Umidade Relativa do Ar

É a relação entre a quantidade de vapor d'água presente e aquela que prevaleceria em condições saturadas, à mesma temperatura.

$$UR = \frac{e}{e_s} \times 100$$

UR = umidade relativa do ar (%)

e = pressão real do vapor d'água na atmosfera (hPa)

e_s = pressão do vapor d'água do ar saturado (hPa)

35

Variação Temporal Diária

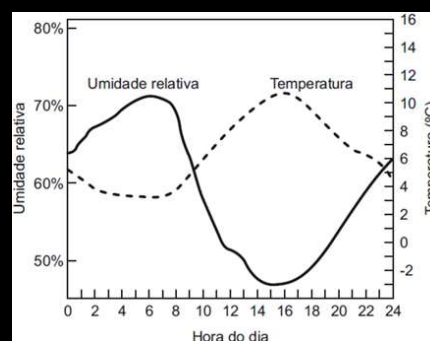


Figura 8 - Variabilidade horária da temperatura do ar e da umidade relativa.

Fonte: proprofs.com.

36

Variação Temporal Anual

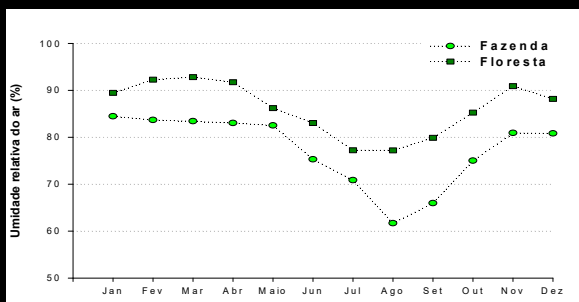


Figura 9 - Variabilidade anual da umidade relativa do ar nos anos de 1999 a 2006 na Fazenda (FNS) e na Floresta (REBIO Jaru).
Fonte: Weblar, 2007.

Variação Temporal Anual

Na escala anual, a UR média mensal acompanha basicamente o regime de chuvas, pois havendo água na superfície haverá vapor d'água no ar.

Em Manaus a UR é sempre maior que nas duas outras localidades, devido à estação seca ser mais curta e menos intensa.

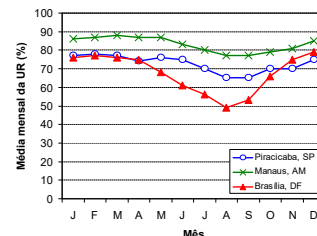


Figura 10 - Variação anual da umidade relativa do ar.

Variação Temporal Anual

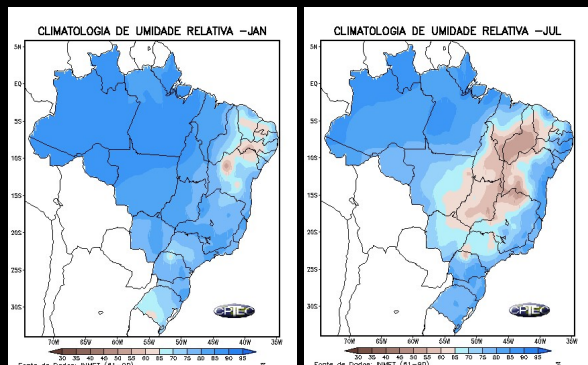


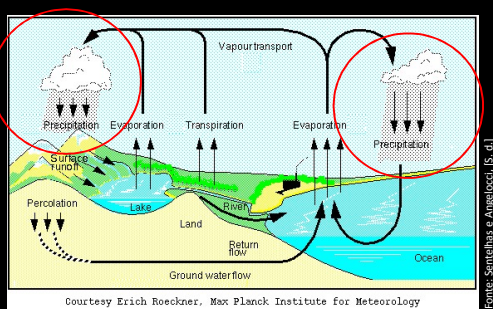
Figura 11 - Variação da umidade relativa do ar no Brasil.

2.4 – Chuva



Fonte: moscoteutrosinhos

Chuva



A precipitação pluvial, ou simplesmente chuva, é a forma principal pela qual a água retorna da atmosfera para a superfície terrestre.

Formação das Chuvas

Condensação

Núcleos de condensação

Pequenas gotículas de água que permanecem em suspensão no ar.

Elementos de nuvens

Formação das Chuvas

Núcleos de condensação

- Principal: sal marinho
- Fuligem, poeira. Resíduos de processos industriais: óxidos de enxofre, fósforo, sulfato de amônia
- 2-metiltreitol, álcool proveniente da reação do isopreno emitido pela floresta com a radiação solar

Considerado o principal núcleo de condensação para formação das chuvas convectivas na Região Amazônica.

43

Formação das Chuvas

O processo de condensação por si só não é capaz de promover a ocorrência de precipitação, pois nesse processo são formadas gotículas muito pequenas (elementos de nuvem), que permanecem em suspensão na atmosfera, não tendo massa suficiente para vencer as correntes ascendentes nas nuvens.

Gotas maiores

Elementos de precipitação

Coalescência das gotas menores

44

Formação das Chuvas

Elemento de precipitação 2.000 µm

Elemento de nuvem 20 µm

Núcleo de condensação 0,2 µm

Gota mínima de chuva

45

Formação das Chuvas

Coalescência das gotas

A coalescência (do latim, *coalescere*, “aderir, unir, aglutinar”) é um processo que promove uma rápida união de um grande número de elementos de nuvem até um tamanho suficiente para transformá-los em elementos de precipitação.

1 gota de chuva = colisão de 1 a 10 milhões de gotículas de nuvens.

46

Formação das Chuvas

Coalescência das gotas

As gotas chegarão à superfície terrestre se a massa dos elementos de precipitação forem de tal ordem que resistam ao trajeto de queda, pois durante esse a gota diminui sua massa, reevaporando com o atrito gerado com a atmosfera.

47

Medida da Chuva

A medida da chuva é feita pontualmente em estações meteorológicas, tanto automáticas como convencionais.

h = Volume precipitado / Área de captação

Se 1 litro de água for captado por uma área de 1 m², a lâmina de água coletada terá a altura de 1mm. Ou seja, 1mm = 1L / 1m².

48

Chuva Convectiva



O ar úmido aquecido na vizinhança do solo fica menos denso sobe, diminui a temperatura, condensa e precipita.

São formações locais com pequena abrangência espacial e alta intensidade. Atinge principalmente pequenas bacias.

Ocorre principalmente no verão em climas tropicais.

Chuva Convectiva



Características da chuva convectiva

Intensidade: moderada a forte, dependendo do desenvolvimento vertical da nuvem

Predominância: no período da tarde/início da noite

Duração: curta a média (minutos a horas)

Chuva Orográfica



Ventos quentes e úmidos provenientes do oceano encontram barreiras físicas, sobem condensam e precipitam sobre áreas montanhosas.

O vento que ultrapassa a barreira é seco, retirando umidade do ambiente, podendo gerar áreas desérticas.

Atua sobre bacias pequenas com intensidade variável.

Chuva Ácida



A queima de carvão e de combustíveis fósseis e os poluentes industriais lançam dióxido de enxofre e de nitrogênio na atmosfera.

Esses gases combinam-se com o hidrogênio presente na atmosfera sob a forma de vapor de água e provocam a chuva ácida.

Um dos problemas da chuva ácida é o fato dela poder ser transportadas através de grandes distâncias, podendo vir a cair em locais onde não há queima de combustíveis.

Chuva Ácida



Prejuízos para o homem

SAÚDE

A chuva ácida libera metais tóxicos que estavam no solo. Esses metais podem alcançar rios e serem utilizados pelo homem causando sérios problemas de saúde.

Chuva Ácida



Prejuízos para o homem

PRÉDIOS, CASAS, ARQUITETURA

A chuva ácida também ajuda a corroer os materiais usados nas construções como casas, edifícios e arquitetura, destruindo represas, turbinas hidrelétricas, etc.

Chuva Ácida



Prejuízos para o meio ambiente

LAGOS

Os lagos podem ser os mais prejudicados com o efeito da chuva ácida, pois podem ficar totalmente acidificados, perdendo toda a sua vida.

Chuva Ácida



Prejuízos para o meio ambiente

DESMATAMENTOS

A chuva ácida faz clareiras, matando duas ou três árvores, algum tempo após muitas plantas que se utilizavam da sombra dessas árvores morrem e assim vão indo até formar uma clareira. Essas reações podem destruir florestas.

Chuva Ácida



Prejuízos para o meio ambiente

AGRICULTURA

A chuva ácida afeta as plantações quase do mesmo jeito que afeta as florestas, só que é destruída mais rápido, uma vez que as plantas são do mesmo tamanho, tendo assim mais áreas atingidas.

Variação Temporal Diária

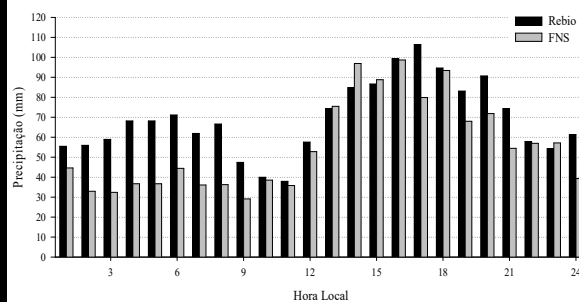


Figura 12 - Variabilidade média horária da precipitação da REBIO Jaru e da FNS nos anos de 1999 a 2012.
Fonte: Oliveira, 2014.

58

Variação Temporal Diária

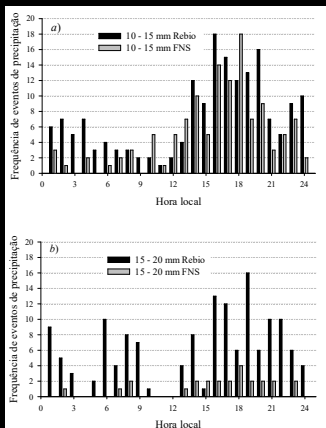


Figura 13 – Frequência de eventos de precipitação para dados de 1999 a 2012, na FNS e na Rebio.

- a) Eventos de chuva de 10-15 mm.
- b) Eventos de chuva de 15-20 mm.

Fonte: Oliveira, 2014.

Variação Temporal Diária

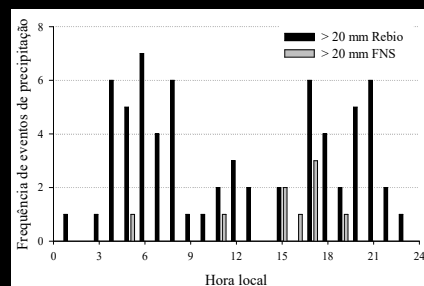
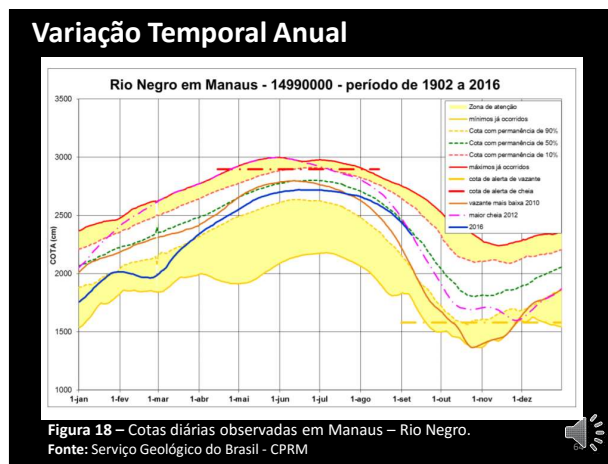
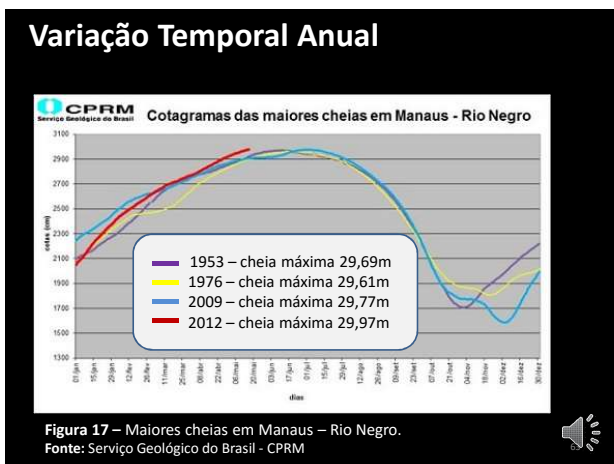
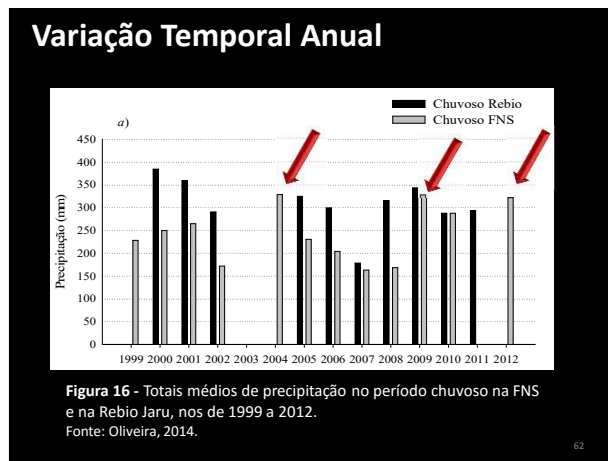
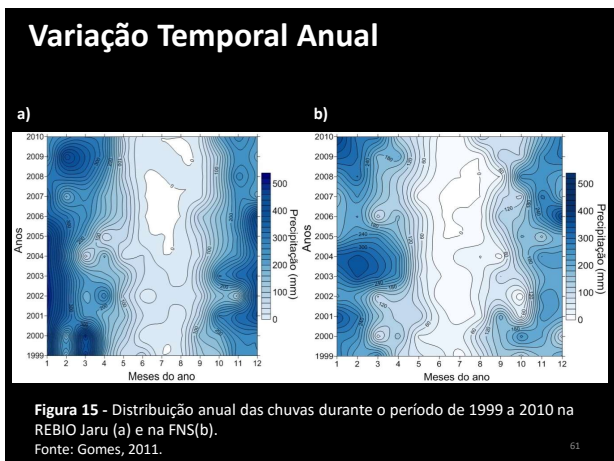


Figura 14 – Frequência de eventos de precipitação maiores que 20 mm para dados de 1999 a 2012, na FNS e na Rebio Jaru.
Fonte: Oliveira, 2014.

60



Revisão de Literatura

Dore (2005)

Embora o tema das mudanças climáticas seja vasto, há pelo menos um tópico que merece atenção urgente.

Mudança no padrão da precipitação em todo o mundo.

65

Objetivo

Sintetizar a abrangente literatura que reporta as mudanças nos padrões de precipitação para observar o quadro global.

Este foi o primeiro artigo a tentar isso.

66

Variabilidade Climática...

Houve aumento na frequência e intensidade dos *El Niños*.



Aumento de eventos de precipitação intensa foram documentados quando em média a precipitação total diminuiu.

67

Variabilidade Climática...

Diminuição na cobertura de gelo está diretamente relacionada ao aumento da temperatura da superfície da Terra.

1960



10%



68

Conclusões

Quais foram os padrões observados na precipitação em todo o globo?

Áreas úmidas ficaram mais úmidas e as secas mais secas.



69

Conclusões

Quais foram os padrões observados na precipitação em todo o globo?

A precipitação nos continentes aumentou 2% desde o início do século 20.

Estatisticamente significativo

70

A Conclusão

Não há dúvida de que as mudanças no padrão dos dados de precipitação observados são a assinatura das mudanças climáticas globais.

71

Artigo para a aula de hoje

REVIEW

doi:10.1038/nature10717

The Amazon basin in transition

Eric A. Davidson¹, Alessandro C. de Araújo^{2,3}, Paulo Artaxo⁴, Jennifer K. Balch^{1,5}, J. Foster Brown^{1,6}, Mercedes M. C. Bustamante⁷, Michael T. Coe⁸, Ruth S. DeFries⁹, Michael Keller¹⁰, Marcos Longo¹¹, J. William Munger¹, Wilfrid Schroeder¹², Bernaldo S. Soares-Filho¹³, Carlos M. Souza Jr¹⁴ & Steven C. Wofsy¹

72

Aula Prática

Aula no Lab. 2 de Estatística no dia 03.05.2017.

Trazer notebook e baixar o arquivo na página pessoal no dia 02.05.2017.

Ativar a análise de dados do programa de planilha eletrônica.

73

Mudanças nas datas 3*

Quadro 1 – Grupos que apresentarão seminário.

Datas	Temas	Discentes
19.04.2017	Radiação	Janderson, Francisco, Nicole
26.04.2017	Temperatura do ar e do solo	Jamily, Amanda
31.05.2017	Umidade do ar e precipitação	Thiago, Luiza, Larissa
07.06.2017	Evapotranspiração	José, David
14.06.2017	O aquecimento global não oriunda das ações antrópicas	Niely, Yago

* Na esperança que seja a última

74

Referências

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2003.

DORE, M. H. I. Climate change and changes in global precipitations patterns: what do we know? **Environment International**, v. 31, p. 1167-1181, 2005.

FISCHER, G. R. **Notas de aula de Climatologia**, 2011.

75

Referências

GOMES, J. B. **Conversão de florestas tropicais em sistemas pecuários na Amazônia**: quais são as implicações no microclima da região? 2011. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia - *Campus* de Ji-Paraná, Ji-Paraná, 2011.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2007.

76

Referências

OLIVEIRA, M. A. **Caracterização da Precipitação em Área de Floresta e Pastagem no Sudoeste da Amazônia**. 2014. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Estatística) – Departamento de Matemática e Estatística, Universidade Federal de Rondônia - *Campus* de Ji-Paraná, Ji-Paraná, 2014.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.

77

Referências

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações. Guaíba: Agropecuária, 2002.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Versão digital 2, Recife, 2006.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012.

78

Referências que faltaram na aula do dia 19.04.2017

ARAÚJO, A. C.; NOBRE, A. D.; KRUIJT, B.; ELBERS, J. A.; DALLAROSA, R.; STEFANI, P.; RANDOW, C.; MANZI, A. O.; CULF, A. D.; GASH, J. H. C.; VALENTINI, R.; KABAT, P. Comparative measurements of carbon dioxide fluxes from two nearby towers in a central Amazonian rainforest: The Manaus LBA site. *Journal of Geophysical Research*, v. 107, p. 58-1 - 58-20, 2002.

79

Referências que faltaram na aula do dia 19.04.2017

CARREIRA, J. C. **Conversão de Floresta Amazônica em Pastagem: implicações nas propriedades físicas do solo.** 2014. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia - *Campus de Ji-Paraná, Ji-Paraná*, 2014.

FOKEN, T. The energy balance closure problem: an overview. *Ecological Applications*, v. 18, n. 6, p. 1351-1367, 2008.

80

Referências que faltaram na aula do dia 19.04.2017

MICHILES, A.; GIELOW, R. Above-ground thermal energy storage rates, trunk heat fluxes and surface energy balance in a central Amazonian rainforest. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 148, p. 917-30, 2008.

ROCHA, H. R.; GOULDEN, M. L.; MILLER, S. D.; MENTON, M. C.; PINTO, L. D. V. O.; FREITAS, H. C.; FIGUEIRA, A. M. S. Seasonality of water and heat fluxes over a tropical Forest in eastern Amazonia. *Ecological Applications*, v. 14, p. S22-S32, 2004.

81

Referências que faltaram na aula do dia 19.04.2017

VOURLITIS, G. L.; NOGUEIRA, J. S.; LOBO, F. A.; SENDALL, K. M.; DE PAULO, S. R.; CARLOS ALBERTO ANTUNES DIAS, C. A. A.; PINTO JR., O. B.; ANDRADE, N. L. R. Energy balance and canopy conductance of a tropical semi-deciduous forest of the southern Amazon basin. *Water Resources Research*, v. 44, p. 1-14, 2008.

82