



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

Pressione di cristallizzazione di Clinopiroseni della CAMP

ANNO ACCADEMICO 2019-2020

TESI DI LAUREA TRIENNALE IN SCIENZE GEOLOGICHE

Relatore: Prof. Andrea Marzoli

Laureando: Alessandro Visentin



Indice

1. La CAMP

1.1 Età e durata

2. Differenziazione e formazione magma

3. Obiettivi dello studio

3.1 Testimonianze e Campioni

3.2 Metodo di calcolo: il Geotermobarometro

3.3 Risultati Pressione e Temperatura: Augiti e Rocce

3.4 Osservazioni

4. Conclusioni

5. Bibliografia

1. La CAMP (Central Atlantic Magmatic Province)



Figura 1: da slides A. Marzoli (2019);

La provincia è associata ad un evento estensionale che segue l'orogenesi Ercinica(300-250 Ma) tra Europa, America e Africa.

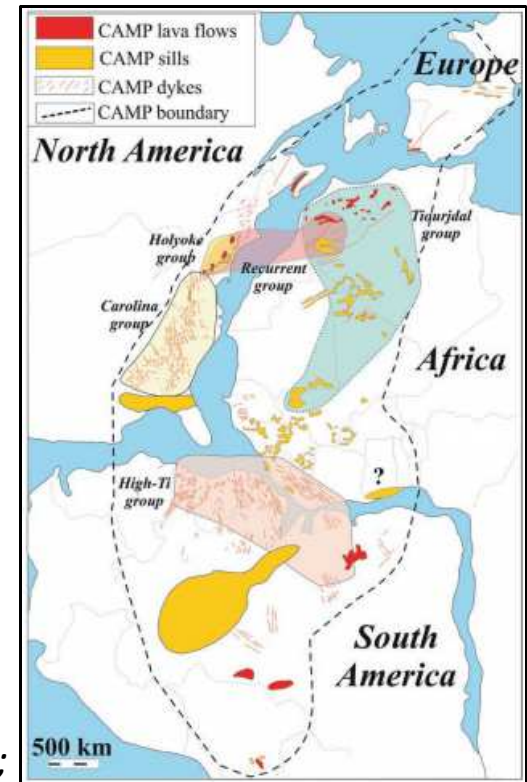
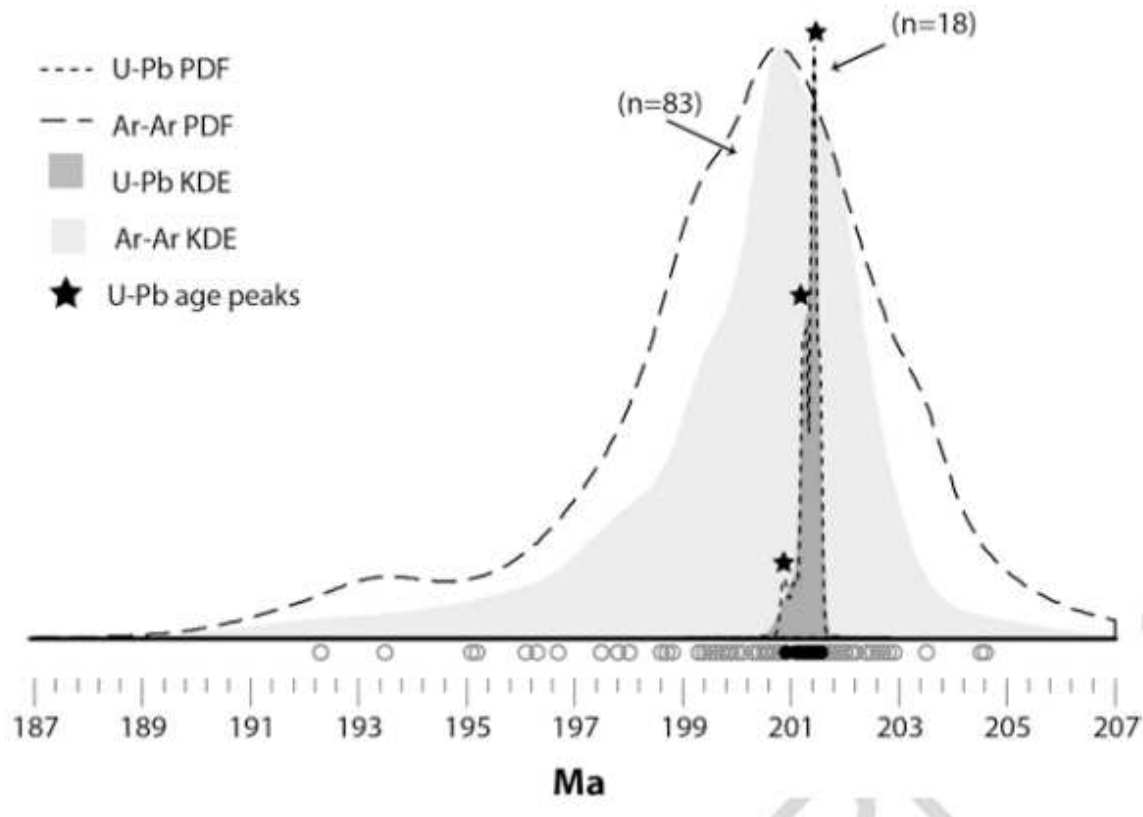


Figura 2: da A. Marzoli et al (2018);

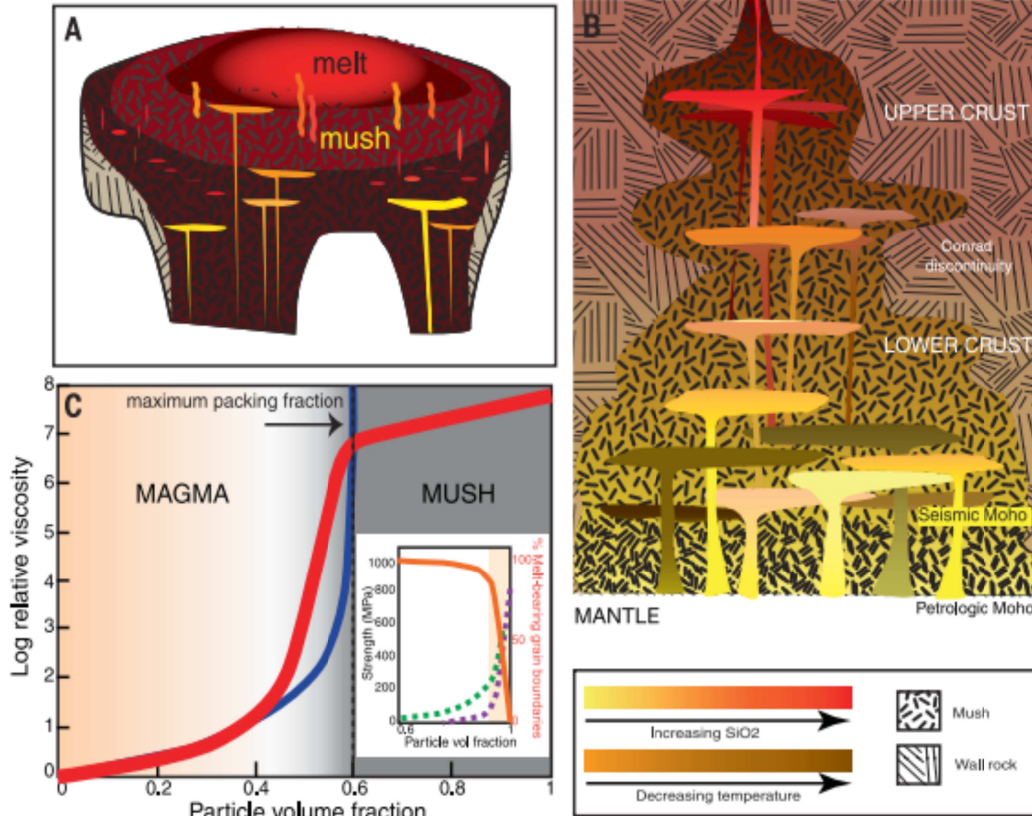
1.1 Età e durata



Le datazioni Ar-Ar e U-Pb indicano un picco di attività fra 201.6 e 201.1 Ma.

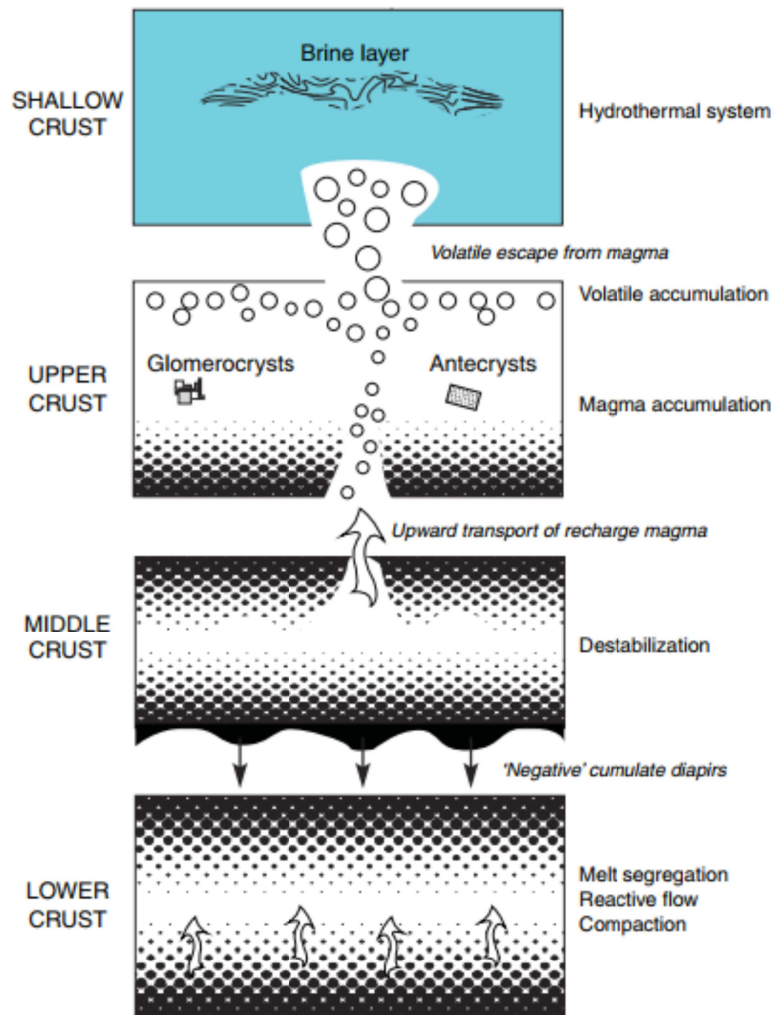
Figura 3: da A. Marzoli et al (2018);

2. Differenziazione e formazione magma



I magmi basici si formano per fusione del mantello e poi per differenziazione nella crosta.

Figura 4: da K.V. Cashman et al (2017);



Questo secondo processo può avvenire a profondità ben definite o in tutta la radice crostale del sistema magmatico secondo la teoria (TCMS) recentemente sviluppata da Cashman (2017) e Putirka (2017).

Figura 5: da K.V. Cashman et al (2017);

3. Obiettivi

In questo studio vogliamo verificare le profondità di cristallizzazione di Basalti CAMP provenienti da varie zone della provincia magmatica.

I calcoli di P-T si basano sui modelli di “*Putirka (2008)*” per i Clinopirosseni Augitici.

Due condizioni da verificare:

- 1) Equilibrio fra roccia e Clinopirosseno;
- 2) Calcolo di P e T dalla sola composizione delle Augiti.

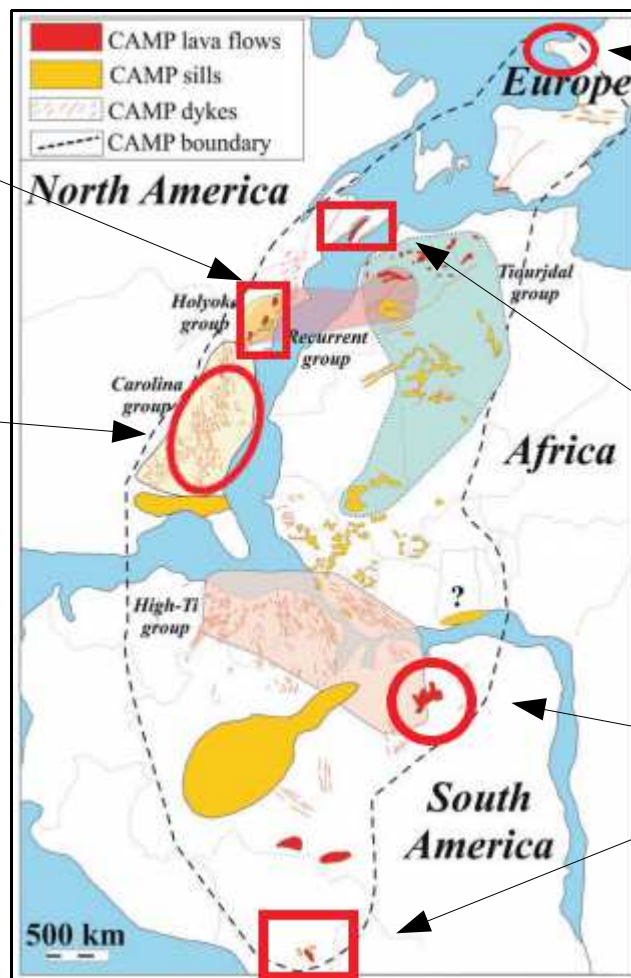
I dati di roccia totale (derivati da analisi in FLUORESCENZA RAGGI X) e dei Clinopirosseni (da MICROSONDA ELETTRONICA) sono stati precedentemente pubblicati:

- da *Andrea Marzoli (2018)*;
- da *Hervé Bertrand (2014)*;
- da *Sara Callegaro (2013)*;
- da *Andrea Marzoli (2014)*;
- da *Renaud Merle (2014)*;
- da *Renaud Merle (2011)*;

3.1 Testimonianze e campioni

Newark (USA): colate di lava e sill all'interno di bacini sedimentari

Carolina (USA): dicchi e sill in bacini sedimentari



Bretagna (Francia): dicchi "Kerforne" intrusi in rocce Paleozoiche

Nuova Scozia (Canada): colate di lava e sill in bacini sedimentari continentali

Bolivia e Maranhao (Brasile): colate di lava all'interno di bacini sedimentari continentali.

Figura 6: da A. Marzoli et al (2018);

3.2 Metodo di calcolo: il Geotermobarometro

$$P(\text{kbar}) = -88.3 + 2.82 \times 10^{-3} T(\text{K}) \ln \left[\frac{[\text{Jd}^{\text{cpx}}]}{[\text{Na}^{\text{liq}} \text{Al}^{\text{liq}} (\text{Si}^{\text{liq}})^2]} \right] + 2.19 \times 10^{-2} T(\text{K}) - 25.1 \ln[\text{Ca}^{\text{liq}} \text{Si}^{\text{liq}}] \\ + 7.03[\text{Mg}^{\text{liq}}] + 12.4 \ln[\text{Ca}^{\text{liq}}]$$

$$\frac{10^4}{T(\text{K})} = 4.60 - 4.37 \times 10^{-1} \ln \left[\frac{[\text{Jd}^{\text{cpx}} \text{Ca}^{\text{liq}} \text{Fm}^{\text{liq}}]}{[\text{DiHd}^{\text{cpx}} \text{Na}^{\text{liq}} \text{Al}^{\text{liq}}]} \right] - 6.54 \times 10^{-1} \ln[\text{Mg}^{\text{liq}}] - 3.26 \times 10^{-1} \ln[\text{Na}^{\text{liq}}] \\ - 6.32 \times 10^{-3} [P(\text{kbar})] - 0.92 \ln[\text{Si}^{\text{liq}}] + 2.74 \times 10^{-1} \ln[\text{Jd}^{\text{cpx}}]$$

Equazioni per la determinazione di P e T di cristallizzazione.

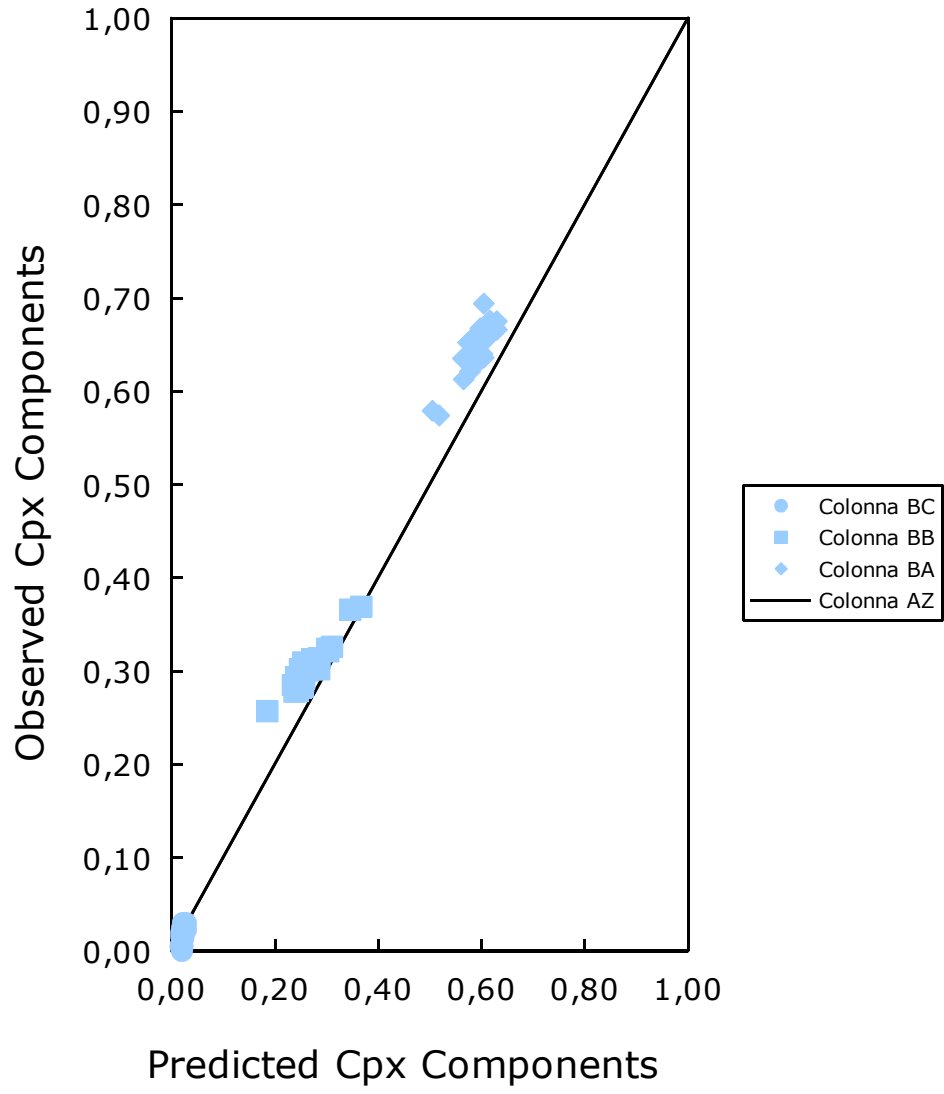
Figura 7: da K.D. Putirka et al (2003);

Per la valutazione dell'equilibrio tra clinopirosseno e liquido coesistente.

$$\ln \left(\frac{\text{Mg}^{\text{liq}} \text{Fe}^{\text{cpx}}}{\text{Mg}^{\text{cpx}} \text{Fe}^{\text{liq}}} \right) = 4.05 \times 10^{-2} - \frac{2.01 \times 10^3}{T(\text{K})}$$

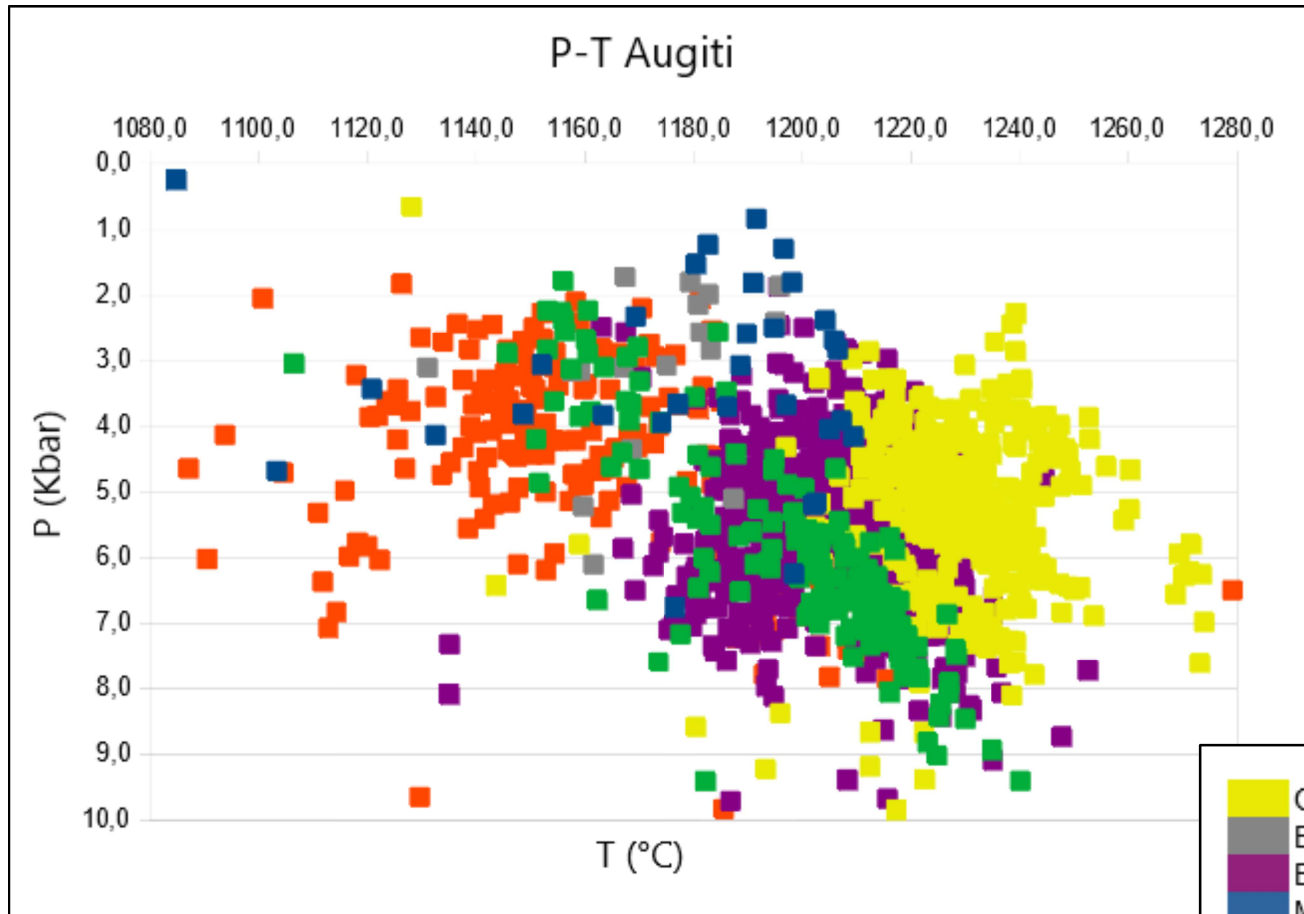
$$\frac{\text{Mg}^{\text{liq}} \text{Fe}^{\text{cpx}}}{\text{Mg}^{\text{cpx}} \text{Fe}^{\text{liq}}} = 0.275 \pm 0.067$$

Figura 8: da K.D. Putirka et al (2003);



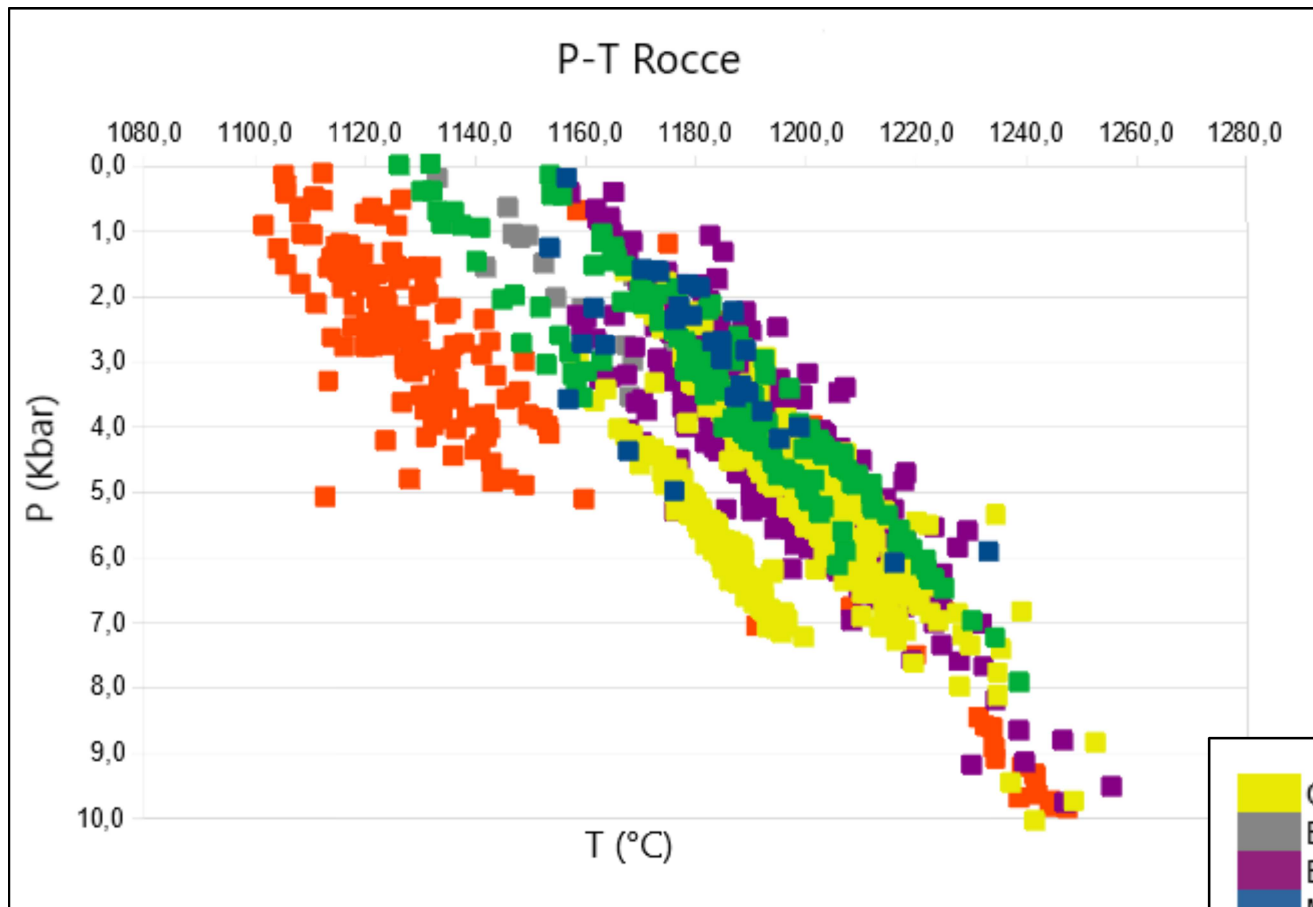
I dati calcolati e I dati predetti dalla composizione del Cpx servono per verificare se Cpx e Rocce siano in equilibrio.

3.3 Risultati Pressione-Temperatura: Augiti



Variazione di P da 8 a 2 Kbar = profondità di circa 5-25 Km.
Campioni Carolina danno T maggiori; campioni Newark danno P e T inferiori; Maranhao e Bolivia P basse.

3.3 Risultati Pressione-Temperatura: Rocce



Dicchi Carolina, Bretagna e Sill Newark danno P maggiori; colate Newark T e P generalmente più basse; Maranhao e Bolivia P piuttosto basse.



3.4 Osservazioni

Si nota che, in generale, le P di cristallizzazione variano tra i 2 e gli 8 Kbar ovvero tra 5-25 Km di profondità.

La cristallizzazione sembra avvenire dalla crosta profonda a quella superiore, coerentemente con la teoria della differenziazione transcrostale.

Esistono però delle differenze sistematiche:

In generale i dicchi danno P e T tendenzialmente maggiori delle colate.

Questo potrebbe essere spiegato da una minore estensione provocata da cristallizzazione più profonda? Oppure per la presenza di elevati spessori di sedimenti a causa dello stazionamento e cristallizzazione del magma a profondità più superficiali, in prossimità dei sedimenti?

4. Conclusioni

- In generale il campo di variazione della P di cristallizzazione calcolata è compreso tra 2 e 8 Kbar ovvero a circa 5-25 Km di profondità.
- Si potrebbe individuare così, in modo consistente con la teoria della differenziazione transcrostale, una zona poco profonda in prossimità della crosta dove cristallizzano i magmi della CAMP.
- Ci sono delle differenze nelle Pressioni e Temperature: tendenzialmente maggiori nelle intrusioni (Dicchi e Sill) rispetto alle colate di lava.

5. Bibliografia

A. Marzoli, S. Callegaro, J. Dal Corso, J. H.F.L. Davies, M. Chiaradia, N. Youbi, H. Bertrand, L. Reisberg, R. Merle and F. Jourdan (2018), *“The Central Atlantic Magmatic Province (CAMP): A Review”*, Springer International Publishing AG, page 91-125;

A. Marzoli, F. Jourdan, F. Bussy, M. Chiaradia, F. Costa (2014), *“Petrogenesis of tholeiitic basalts from the Central Atlantic magmatic province as revealed by mineral major and trace elements and Sr isotopes”*, Lithos, volume 188, page 44-59;

R. Merle, A. Marzoli, L. Reisberg, H. Bertrand, A. Nemchin, M. Chiaradia, S. Callegaro, F. Jourdan, G. Bellieni, D. Kontak, J. Puffer and J. G. Mchone (2014), *“Sr, Nd, Pb and Os Isotope Systematics of CAMP Tholeiites from Eastern North America (ENA): Evidence of a Subduction-enriched Mantle Source”*, Journal of Petrology, volume 55, page 133-180;

H. Bertrand, M. Fornari, A. Marzoli, R. García-Duarte, T. Sempere (2014), *“The Central Atlantic Magmatic Province extends into Bolivia”*, Lithos, volume 188, page 33-43;

S. Callegaro, A. Marzoli, H. Bertrand, M. Chiaradia, L. Reisberg, C. Meyzen, G. Bellieni, R. E. Weems, R. Merle (2013), *“Upper and lower crust recycling in the source of CAMP basaltic dykes from southeastern North America”*, Earth and Planetary Science Letters, volume 376, page 186-199;

M. Capriolo, A. Marzoli, L. E. Aradi, S. Callegaro, J. Dal Corso, R. J. Newton, B. J.W. Mills, P. B. Wignall, O. Bartoli, D. R. Baker, N. Youbi, L. Remusat, R. Spiess and C. Szabó (2020), *“Deep CO₂ in the end-Triassic Central Atlantic Magmatic Province”*, Nature Communications;

K. V. Cashman, R. Stephen, J. Sparks, J. D. Blundy (2017), *“Vertically extensive and unstable magmatic systems: A unified view of igneous processes”*, Science, volume 355, page 1-9;

R. Merle, A. Marzoli, H. Bertrand, L. Reisberg, C. Verati, C. Zimmermann, M. Chiaradia, G. Bellieni, M. Ernesto (2011), *“⁴⁰Ar/³⁹Ar ages and Sr–Nd–Pb–Os geochemistry of CAMP tholeiites from Western Maranhão basin (NE Brazil)”*, Lithos, volume 122, page 137-151;

K. D. Putirka (2017), *“Down the Crater: Where Magmas are Stored and Why They Erupt”*, Elements, volume 13, page 11-16;

K. D. Putirka, H. Mikaelian, F. Ryerson and H. Shaw (2003), *“New clinopyroxene-liquid thermobarometers for mafic, evolved, and volatile-bearing lava compositions, with applications to lavas from Tibet and the Snake River Plain, Idaho”*, American Mineralogist, volume 88, page 1542-1554;