

VALUTAZIONE FORMATIVA E ARGOMENTAZIONE: QUALE SUPPORTO DALLE NUOVE TECNOLOGIE? PROPOSTE DAL PROGETTO FASMED

*Annalisa Cusi**, *Francesca Morselli***, *Cristina Sabena**

* *Università di Torino*

** *Università di Genova*

Il workshop ha presentato la nostra esperienza nell'ambito del progetto Europeo FaSMEd, mirato ad analizzare il ruolo svolto dalle tecnologie come supporto ai processi di valutazione formativa in Matematica e Scienze. Nelle attività sperimentali nelle classi, la valutazione formativa è stata coniugata con un fondamentale aspetto dell'attività matematica, ossia l'argomentazione. Sulla base di sperimentazioni con una tecnologia di tipo "connected-classroom", abbiamo riflettuto su come questa tecnologia possa rappresentare un reale supporto per l'insegnante, evidenziando le diverse strategie che quest'ultimo può adottare per realizzare una valutazione formativa nell'ambito della quale la discussione e il confronto svolgano un ruolo chiave.

Il progetto FaSMEd e la valutazione formativa

Il progetto FaSMEd (Improving Progress through Formative Assessment in Science and Mathematics Education) si propone di promuovere le competenze degli studenti in matematica e scienze attraverso l'uso delle tecnologie digitali, al fine di mettere a punto delle pratiche didattiche di valutazione formativa che migliorino gli apprendimenti di tutti gli studenti, soprattutto quelli maggiormente in difficoltà.

Secondo la definizione di *valutazione formativa* adottata nell'ambito del progetto e condivisa in letteratura, "*la pratica in classe diventa formativa nel momento in cui consente a insegnanti e studenti di evidenziare i risultati degli studenti, dividerli, interpretarli e servirsi di essi per prendere decisioni sui passi successivi da fare nel processo di istruzione*" (Black e Wiliam, 2009, p. 9, trad. nostra). Attività tipiche dei processi di valutazione formativa sono quindi quelle attraverso le quali gli studenti hanno modo di verificare i propri livelli di apprendimento, pianificare e attuare, in interazione con l'insegnante e i compagni di classe, le strategie necessarie per raggiungere gli obiettivi di apprendimento prefissati. Questa prospettiva è in linea con le recenti Indicazioni Nazionali (MIUR, 2012), secondo cui la valutazione "*procede, accompagna e segue i percorsi curricolari. Attiva le azioni da intraprendere, promuove il bilancio critico su quelle condotte a termine. Assume una prevalente funzione formativa, di accompagnamento dei processi di apprendimento e di stimolo al miglioramento continuo*" (p.13).

Black e Wiliam (2009) evidenziano cinque diverse *strategie di valutazione formativa*, attivate dai diversi attori che partecipano al processo di valutazione formativa (insegnante, studente, pari): (1) Chiarire/capire/condividere gli obiettivi di apprendimento e i criteri di valutazione; (2) Progettare discussioni di classe efficaci e attività che consentano di mettere in luce l'apprendimento degli studenti; (3) Fornire feedback che consentano allo studente di migliorare; (4) Attivare gli studenti come risorse gli uni per gli altri; (5) Attivare gli studenti come responsabili del proprio apprendimento.

Gli autori sottolineano in particolare la centralità del *feedback* nei processi di valutazione formativa. Un feedback è "un'informazione, fornita da un agente (ad esempio l'insegnante, un pari, il libro di testo, un genitore, l'individuo stesso, l'esperienza), relativa alla performance o alla comprensione" (Hattie e Timperley, 2007, p.81, nostra traduzione). Il feedback fornito dall'insegnante ha l'obiettivo di monitorare i progressi compiuti dagli allievi, consentendo loro di diventare consapevoli degli obiettivi di apprendimento, delle problematiche evidenziate e di ciò che possono fare per superarle. Discutendo le caratteristiche del feedback al fine di avere effetti positivi sull'apprendimento, Hattie e Timperley (ibid.) osservano che un feedback efficace dovrebbe consentire di rispondere a tre domande chiave:

- (1) Dove sto andando? (ovvero, quali sono gli obiettivi dell'attività?);
- (2) Come vi sto andando? (ovvero, quale progresso ho fatto verso l'obiettivo prefissato?);
- (3) Qual è il passo successivo da fare? (ovvero, cosa devo fare per migliorare/progredire?).

Gli autori distinguono inoltre quattro tipologie di feedback, in base ai domini ai quali si riferiscono:

- (a) *feedback sul compito*, mirato a focalizzare l'attenzione su problematiche connesse all'interpretazione del testo della consegna o alla correttezza della risposta fornita;
- (b) *feedback sullo svolgimento del compito*, relativo ai processi necessari per comprendere ed affrontare efficacemente il compito;
- (c) *feedback per l'autoregolazione*, focalizzato sulla capacità dell'individuo di auto-monitorarsi e dirigere consapevolmente le proprie azioni;
- (d) *feedback sull'individuo in quanto persona*, che riguarda questioni relative alla valutazione dell'individuo e include aspetti affettivi.

Dare feedback non è di per sé positivo o negativo, al contrario molti fattori possono contribuire al buon successo di un feedback sull'apprendimento: sulla base di estese meta-analisi, Hattie & Timperley (ibid.) evidenziano l'efficacia dei feedback sul compito (tipo a) e sul suo svolgimento (tipo b), mentre gli effetti minori sono riscontrati sui feedback sulla persona, come ad esempio complimenti e rimproveri (tipo d).

Valutazione formativa e argomentazione in matematica

La nostra scelta per il progetto FaSMed è stata quella di coniugare la valutazione formativa, in particolare le varie strategie e i feedback descritti, con l'argomentazione in matematica, sfruttando l'utilizzo delle nuove tecnologie per offrire all'insegnante diverse possibilità di azione didattica.

L'attenzione ai processi argomentativi è riconosciuta dalle Indicazioni nazionali (MIUR, 2012), che sottolineano come la matematica possa contribuire a “sviluppare la capacità di comunicare e discutere, di argomentare in modo corretto, di comprendere i punti di vista e le argomentazioni degli altri” (p. 49), ed è un promettente filone di ricerca in didattica della matematica, sia a livello italiano che internazionale (si veda Stylianides et alii, 2016 per una sintesi delle ricerche più recenti). In particolare, è stato studiato il rapporto tra argomentazione e dimostrazione, evidenziando l'esistenza di un'unità cognitiva tra i due processi (Boero et alii, 1996) ed arrivando così ad indicare l'argomentazione come processo importante per promuovere l'ingresso nella “cultura dei teoremi” (Boero, 2007). Altri autori si sono concentrati sul rapporto dialettico tra argomentazione e dimostrazione, mostrando che le attività argomentative possono favorire il passaggio dai concetti quotidiani ai concetti scientifici (Douek, 2006) e evidenziando così che l'argomentazione ha un valore educativo in sé, e non solo come processo che avvicina e prepara alla dimostrazione matematica. Infine, diversi autori, partendo dal presupposto secondo cui l'interazione sociale ha un ruolo decisivo nell'educazione matematica e l'argomentazione può favorire la concettualizzazione, si sono interessati alle dinamiche di classe durante le attività argomentative, sottolineando il ruolo chiave di mediazione del docente durante le discussioni di classe (Azmon & alii, 2011).

La scelta di coniugare la valutazione formativa con l'argomentazione matematica ha a nostro avviso una duplice valenza.

Il primo aspetto riguarda l'utilizzo dell'*argomentazione come risorsa per la valutazione formativa*. La scelta di realizzare attività ad alta componente argomentativa, con la richiesta costante di accompagnare ogni risposta con opportune motivazioni, ha in primo luogo lo scopo di rendere lo studente più consapevole del proprio ragionamento e quindi responsabile in prima persona del proprio processo di apprendimento. In secondo luogo, il processo di pensiero “reso visibile” (Collins, Brown & Newmann, 1989) diventa più facilmente oggetto di feedback da parte dei pari e dell'insegnante. Questo ci ha condotto a focalizzare l'attenzione degli studenti su domande del tipo “*Motiva la tua risposta*”, “*Spiega ciò che hai fatto*”, “*Spiega perché il tuo metodo funziona*”, richiedendo quindi spiegazioni con funzioni diverse, secondo la classificazione introdotta da Levenson e Barkai (2013). Abbiamo inoltre proposto questioni mirate a stimolare un confronto continuo e lo sviluppo di competenze di tipo meta, come, ad esempio, “*Cos'hanno in comune queste risposte?*”, “*Che differenze possiamo evidenziare?*”. In questo senso, l'argomentazione è intesa come strumento per meglio attuare la valutazione formativa.

Allo stesso tempo, abbiamo promosso la *valutazione formativa su attività ad alto contenuto argomentativo*, avendo posto come obiettivo d'apprendimento anche il miglioramento delle competenze argomentative stesse. Attraverso discussioni di classe si è cercato di mettere in luce e condividere con gli studenti aspetti chiave delle diverse argomentazioni proposte, in particolare i criteri di *correttezza*, *chiarezza* e *completezza*. Il criterio della correttezza fa riferimento alla mancanza di errori di tipo matematico nella risposta e nella giustificazione data; il criterio della

chiarezza fa riferimento al piano comunicativo e alla comprensibilità della risposta da parte di un interlocutore (i compagni, l'insegnante); il criterio della completezza fa riferimento all'esplicitazione dei vari passaggi che conducono alla conclusione dell'argomento. L'identificazione di criteri espliciti e condivisi tra insegnanti e con gli studenti per valutare argomentazioni e testi matematici è un aspetto cruciale condiviso anche da altri progetti che hanno a cuore lo sviluppo di competenze argomentative come parte fondamentale per lo sviluppo del pensiero matematico, come il progetto canadese "Comunicazione e apprendimento" di Radford e Demers (2006), il progetto Avimes-Piemonte (De Luca et al., 2008), i progetti "Bambini Maestri Realtà" e "Linguaggio e argomentazione" del DIMA-Università degli Studi di Genova (http://didmat.dima.unige.it/http://pls.dima.unige.it/azione1/argomentazione/azione1_argomentazione.php).

La scelta della tecnologia

Le scelte metodologiche esposte nel precedente paragrafo ci hanno spinto a ricercare una tecnologia che consentisse, da un lato, la raccolta ed il confronto tra i materiali prodotti dagli alunni, dall'altro il monitoraggio dei processi e la condivisione, all'interno della classe, dei risultati del lavoro condotto e delle riflessioni scaturite a partire da tale lavoro. La ricerca in didattica della matematica ha messo in luce le potenzialità delle "connected-classroom technologies", ossia di sistemi connessi di computer e/o tablet progettati per supportare processi interattivi di insegnamento-apprendimento e fornire spazi di lavoro condivisi (Robutti, 2010). In relazione ai nostri obiettivi didattici e di ricerca, questo tipo di tecnologie nuove possono contribuire a creare contesti di apprendimento che consentano di svolgere alcune funzioni fondamentali dei processi di valutazione formativa, quali: mettere in evidenza ciò che gli allievi stanno facendo e pensando, far sì che gli studenti svolgano un ruolo attivo nelle discussioni, incoraggiare gli studenti, attraverso un feedback immediato, a riflettere sui propri progressi (Roschelle et al., 2004); monitorare i progressi degli allievi e fornire immediato supporto per rispondere ai loro bisogni (Irving, 2006).

Abbiamo perciò scelto di utilizzare una "connected-classroom technology", IDM-TClass, che mette in connessione il computer del docente con i tablet degli studenti, permettendo: (a) il monitoraggio del lavoro degli studenti, (b) la condivisione degli schermi di docente e studenti durante le attività, (c) l'invio di materiali dal pc del docente ai tablet degli studenti e viceversa, (d) l'attivazione di sondaggi (o questionari istantanei) mirati sia a monitorare l'apprendimento degli studenti, sia a raccogliere le loro opinioni nel corso delle lezioni.

Le attività nelle classi

Le attività del progetto FaSMEd hanno visto coinvolti venti insegnanti (quattordici docenti di scuola primaria e sei docenti di scuola secondaria di primo grado) in tre diversi Istituti Comprensivi di Torino e Savona: l'Istituto Comprensivo di Carcare (SV), l'Istituto Comprensivo di Vinovo (TO) ed il Circolo Salgari (TO). Gli studenti che hanno partecipato frequentano classi dalla quarta primaria alla terza secondaria di secondo grado.

A ciascuna scuola sono stati forniti tablet per gli studenti, computer per gli insegnanti e, in caso di impossibilità ad usare la LIM, anche video-proiettori. Per favorire la collaborazione e la condivisione delle idee, agli studenti è stato richiesto di lavorare a coppie o a piccoli gruppi omogenei (rispetto ad abilità/competenze) sullo stesso tablet.

Il contenuto matematico sul quale abbiamo scelto di focalizzare l'attenzione sono le relazioni e le funzioni e le loro diverse rappresentazioni (verbale, simbolica, grafica, tabulare). I materiali utilizzati durante le attività sperimentali sono un adattamento di attività prodotte nell'ambito di due progetti: il Progetto "ArAl" (Cusi, Malara & Navarra 2011, <http://www.progettoaral.it/>) ed il progetto "The Mathematics Assessment Program" (<http://map.mathshell.org/materials/lessons.php>).

In sintonia con le scelte metodologiche descritte sopra, per ogni attività abbiamo predisposto una serie di schede di lavoro mirate a:

- (a) supportare gli studenti nella verbalizzazione e nella rappresentazione delle relazioni introdotte e studiate nell'ambito dell'attività;
- (b) favorire il confronto e la discussione sulle diverse risposte fornite dagli studenti;
- (c) stimolare gli studenti a riflettere sia a livello cognitivo che meta-cognitivo;
- (d) fornire agli studenti un feedback utile per consentire loro di superare eventuali difficoltà iniziali (schede di aiuto).

Tipicamente, le lezioni hanno seguito il seguente iter di lavoro:

- l'insegnante invia una scheda di lavoro ai tablet degli studenti, tramite IDM-TClass;

- gli studenti lavorano a coppie/piccoli gruppi sulla scheda, producono una risposta condivisa e inviano le proprie risposte all'insegnante, che le riceve sul computer;
- durante il lavoro degli studenti, l'insegnante può decidere di inviare loro schede di aiuto: questo avviene in diverse circostanze, per esempio in caso si accorga che alcuni studenti si siano bloccati o le risposte inviate evidenzino errori e difficoltà, oppure su richiesta degli studenti stessi. Le schede di aiuto possono anche essere inviate a tutte le coppie/gruppi specificando che possono essere utilizzate come strumenti per verificare autonomamente la correttezza delle risposte trovate;
- l'insegnante seleziona alcune risposte degli studenti per poterle proiettare sulla LIM ed attivare una discussione di classe mirata alla condivisione e al confronto;
- alcune schede di lavoro riguardano l'attivazione di sondaggi istantanei, a partire dai risultati dei quali vengono solitamente attivate discussioni;
- durante le discussioni, possono essere proiettate anche le schede di aiuto con l'obiettivo di attivare discussioni a livello meta sul significato degli aiuti forniti.

Un primo ambito di attività riguarda l'early algebra e, in particolare, lo studio di relazioni tra due o più grandezze introdotte mediante problemi. La figura 1 presenta una delle schede di lavoro proposte, tratte dal percorso didattico "L'archeologo Giancarlo" (adattata dal progetto ArAl, Unità 9, Fiorini et al. 2006):

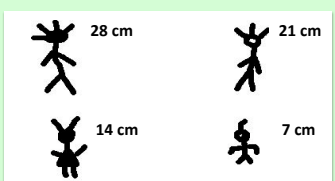
<p>Sul monte Aral, in pieno deserto, l'archeologo Giancarlo ha trovato delle figure incise nella roccia, che ha riprodotto sul suo taccuino di appunti, segnando anche l'altezza delle incisioni.</p> <p>Ecco la pagina in cui sono riprodotte:</p> <p>C'è molta discussione con i suoi collaboratori su una relazione nascosta nei graffiti. In particolare Nicola dice: "Basta moltiplicare per 7 il numero di punte sul capo; solo così si può trovare l'altezza di una incisione".</p> <p>Battista invece conclude che: "Ma insomma, è chiaro che dividendo per 7 l'altezza delle incisioni si ha il numero delle punte."</p> <p>E Paolo: "Ma cosa dite, il numero delle punte è dato dall'altezza diviso per 7!"</p>	
<p>(1) Cosa pensi delle affermazioni di Nicola, Battista e Paolo? Sei d'accordo con loro? Spiega perché.</p>	

Figura 1 Esempio di scheda inviata ai tablet degli studenti, dall'attività "L'archeologo Giancarlo"

Si tratta di una attività mirata a favorire l'interpretazione di relazioni, espresse verbalmente, tra due grandezze. Agli studenti è richiesto di cogliere che le affermazioni di Battista e Paolo sono equivalenti e che la relazione da loro espressa rappresenta l'inversa di quella espressa da Nicola. Si può notare che la formulazione del quesito è strettamente coerente con la scelta di utilizzare l'argomentazione come strumento di valutazione formativa.

Altre schede di lavoro collegate a questa attività propongono questioni diverse, quali:

- l'interpretazione di un'espressione simbolica che rappresenta una delle relazioni precedentemente analizzate ("Martijn è uno studente olandese che partecipa al progetto FaSMEd come noi. Non conosce l'italiano, quindi non ha potuto leggere i commenti di Nicola, Battista e Paolo, ma, guardando le incisioni sul taccuino di Giancarlo, ha scritto $7 \cdot n = k$. Cosa vorrà dirci?");
- la costruzione di un'espressione simbolica che rappresenti una delle relazioni analizzate ("Abbiamo scoperto che Martijn ha usato i simboli per condividere con noi la stessa osservazione che ha fatto Nicola. Scrivete una espressione simbolica, che Martijn possa capire, per condividere con lui anche l'osservazione di Battista.");
- l'interpretazione di un grafico e la successiva costruzione dell'espressione simbolica che rappresenta la stessa relazione rappresentata dal grafico.

Un secondo ambito di attività riguarda lo studio di grafici che rappresentano la distanza al variare del tempo. La figura 2 riporta una delle schede di lavoro proposte, "La camminata di Tommaso", adattata dal progetto "The Mathematics Assessment Program" (<http://map.mathshell.org/materials/lessons.php>):

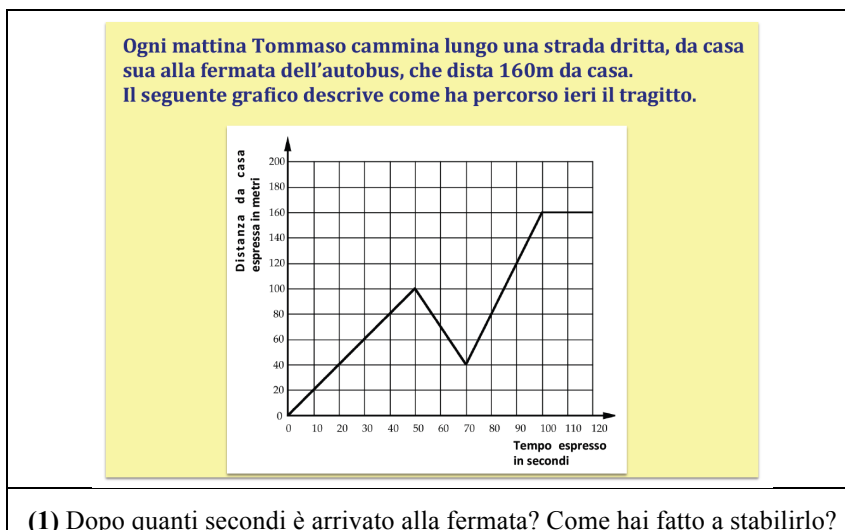


Figura 2 Esempio di scheda inviata ai tablet degli studenti, dall'attività "La camminata di Tommaso"

Anche in questo caso, la richiesta di spiegare come si è giunti alla soluzione è coerente con la scelta di lavorare in ottica argomentativa. L'interpretazione di questo grafico viene guidata attraverso altre domande:

- Ha percorso esattamente 160m? Perché?
- Cosa è successo nel periodo di tempo da 50s a 70s? Come hai fatto a stabilirlo?
- Cosa è successo durante gli ultimi 20s? Come hai fatto a stabilirlo?

Altre schede di lavoro connesse a questa attività propongono questioni diverse, quali l'identificazione della "storia" rappresentata in uno specifico grafico e la costruzione di un grafico a partire da una storia assegnata.

Nel prossimo paragrafo presenteremo esempi, tratti dalle nostre sperimentazioni, mirati a mettere in luce come la tecnologia abbia fornito un supporto per la valutazione formativa.

Il supporto fornito alla valutazione formativa dalla tecnologia

L'analisi delle video-registrazioni delle attività condotte nelle classi ci ha consentito di riflettere sulle diverse modalità attraverso le quali gli insegnanti si servono delle tecnologie digitali per favorire la condivisione ed il confronto e per fornire feedback agli allievi. In particolare, abbiamo evidenziato quattro diverse modalità di utilizzo della tecnologia "connected classroom" utili per promuovere la valutazione formativa in ottica argomentativa:

- utilizzo di sondaggi per il confronto tra risposte diverse
- proiezione di protocolli degli studenti e relativa discussione durante la lezione stessa
- proiezione di protocolli degli studenti, raccolti dall'insegnante al termine di una lezione, organizzati opportunamente, proiettati e discussi nella lezione successiva
- invio delle schede di aiuto agli studenti in difficoltà e discussione per tutti gli studenti.

Ciascuna modalità viene discussa qui nel seguito, accompagnata da un esempio tratto dalle sperimentazioni in classe.

Sondaggi per il confronto

Una prima modalità attraverso la quale il confronto tra studenti può essere favorito è l'uso di sondaggi. I sondaggi proposti possono riguardare questioni matematiche relative alla risoluzione dei vari quesiti posti, oppure focalizzarsi sui lavori prodotti dalle diverse coppie o da altri ipotetici allievi, oppure riguardare il senso dell'attività svolta (livello meta). Alcuni sondaggi sono già previsti tra le schede di lavoro progettate. Altri, come quello dell'esempio che segue, vengono proposti al momento sulla base delle risposte fornite in classe.

L'estratto che qui proponiamo è tratto dalla discussione condotta in una classe quarta a partire dal seguente sondaggio in seno all'attività sull'archeologo Giancarlo:

"Quale di queste affermazioni è falsa?"

- A) L'incisione successiva è alta 45cm
- B) L'incisione successiva è alta 49cm

C) *L'incisione con 9 punte è alta 63cm.*

Il software IDM-TClass elabora le risposte fornite dagli allievi e costruisce un grafico che evidenzia le percentuali delle diverse risposte fornite. Consente anche di visualizzare quali coppie hanno dato ciascuna delle risposte. La figura 3 mostra il grafico prodotto al termine del sondaggio e condiviso con gli studenti attraverso la LIM:

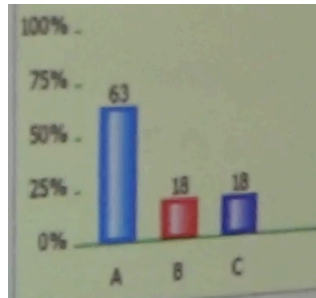


Figura 3 Il grafico a barre fornito dal software in base ai risultati del sondaggio

Estratto di discussione relativa all'analisi delle risposte al sondaggio:

I: Cosa leggi in questo grafico?

S: La percentuale di bambini che hanno scelto...

I: Benissimo. Quanti bambini hanno scelto la risposta A?

S: Il 63%

I: Quanti la B?

S: 18%

I: Quanti la C?

S: 18%

I: C'è una prevalenza della risposta A, ma anche la B e la C hanno avuto una qualche risposta. Vado a vedere. La prima coppia che ha risposto C sono M e D: ci spiegate perché avete risposto C?

D: Ci siamo accorte che abbiamo sbagliato...

I: Vi siete accorte che avete sbagliato. Perché avevate risposto C?

D: Quando tu mi avevi fatto il ragionamento, mi sembrava che la risposta giusta era 63 cm, ma...

I: Invece tu dovevi cercare che cosa? ...quella...?

D: Falsa.

I: Brava. Infatti ho visto che la vostra risposta era arrivata immediatamente. E non era possibile...perché io, un attimo, devo pensare! D, questo è il tuo problema. Poi, quando si lavora in coppia, si lavora in coppia. Bisogna essere d'accordo in due!

Questo breve stralcio di discussione mostra come, a partire dall'interpretazione del grafico proiettato sulla LIM, nasca una discussione che consente all'insegnante (I) di fornire un feedback all'allieva (D). Si tratta in particolare di un *feedback per l'autoregolazione*, in quanto l'insegnante suggerisce all'allieva D come controllare in futuro il proprio lavoro sia riguardo alla gestione dei tempi, sia riguardo al lavoro collaborativo con la compagna.

Proiezione di protocolli degli studenti e discussione durante la lezione stessa

La tecnologia si è rivelata particolarmente efficace come supporto per il confronto e la discussione quando gli elaborati prodotti dalle diverse coppie di studenti sono stati proiettati sulla LIM. Alcuni insegnanti hanno, in questo caso, scelto di analizzare tutti i protocolli, proponendoli in ordine casuale. Altri insegnanti hanno identificato specifici protocolli da proiettare (per esempio quelli che evidenziavano errori). L'analisi dei protocolli è stata svolta talvolta focalizzando l'attenzione su un protocollo alla volta, talvolta confrontando gruppi di protocolli proiettati contemporaneamente e lavorando a livello metacognitivo, con domande del tipo *"cosa caratterizza queste risposte che abbiamo raggruppato?"*.

Una prima modalità è stata quella di raccogliere le risposte dagli studenti e proiettarle al momento, immediatamente dopo la fase di lavoro a coppie/gruppi. In questi casi, l'insegnante legge con attenzione le risposte degli allievi man

mano che vengono inviate al suo computer, decidendo come organizzare la loro proiezione, ai fini della discussione collettiva.

Il seguente estratto è tratto da una discussione condotta in una classe quinta primaria, a partire dall'analisi di alcune risposte fornite in relazione alla scheda, tratta dall'attività "L'archeologo Giancarlo", presentata nel precedente paragrafo (figura 1).

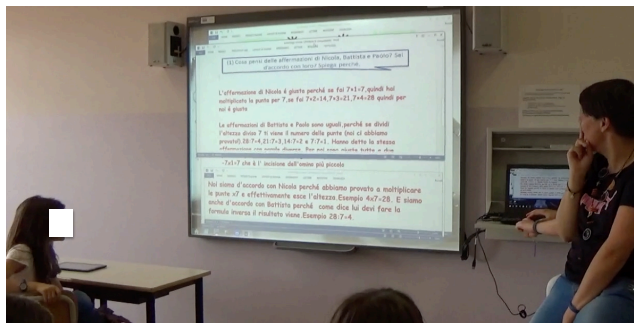


Figura 4 La proiezione delle risposte degli studenti

Vengono proiettate le risposte di due coppie (figura 4):

Risposta 1: Noi siamo d'accordo con Nicola perché abbiamo provato a moltiplicare le punte $\times 7$ e effettivamente esce l'altezza. Esempio $4 \times 7 = 28$. E siamo anche d'accordo con Battista perché come dice lui devi fare la formula inversa il risultato viene. Esempio $28 : 7 = 4$.

Risposta 2: Secondo noi hanno tutti ragione; perché se moltiplichiamo per 7 ogni punta scopriamo l'altezza di ognuno, tipo: $7 \times 1 = 7$ che è l'incisione dell'omino più piccolo.

L'insegnante legge la risposta 1 e chiede agli studenti di commentarla.

A: Secondo me non c'è cosa dice Paolo.

B: Anche secondo me! Loro hanno dato sottinteso che avevano capito che Paolo era uguale a Battista, quindi non l'hanno scritto.

C: Perché devi fare la formula inversa?

D: Perché devi fare la divisione!

E: Perché loro dicono: prima moltiplicavi per 7 e adesso fai diviso 7!

Questo stralcio di discussione evidenzia come il confronto su una delle risposte fornite consente a un allievo (C) di esplicitare un proprio dubbio e a diversi allievi di fornire feedback sul compito/ sullo svolgimento del compito, attivandosi come risorse gli uni per gli altri (strategia 4 del modello di Black & Wiliam, 2009).

Discussione e confronto di protocolli proposti in differita

Una seconda modalità di proiezione degli elaborati degli studenti per attivare la discussione ed il confronto è caratterizzata dalla raccolta e selezione degli elaborati stessi dopo il termine della lezione. Questo ha consentito agli insegnanti di raggruppare gli elaborati secondo criteri meditati, condivisi in modo esplicito con gli studenti nella discussione successiva.

Il seguente estratto è tratto da una discussione condotta in una classe quinta primaria a partire dall'analisi delle risposte fornite in relazione alla scheda presentata nel precedente paragrafo in riferimento all'attività "La camminata di Tommaso" (figura 2).

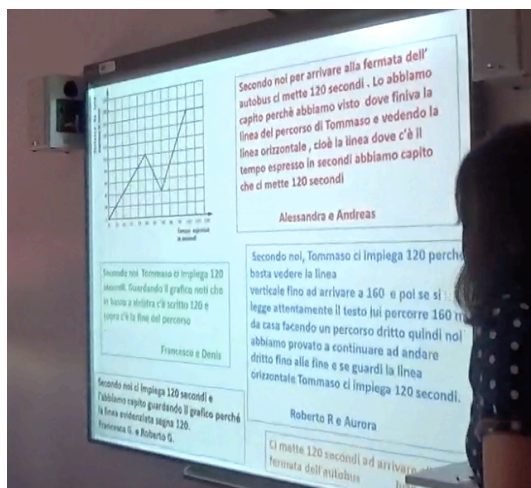


Figura 5 La proiezione delle risposte degli studenti

I: Andiamo a vedere il primo blocco di risposte. Tutti questi bambini, queste coppie hanno risposto 120s e il tipo di risposta, la motivazione è molto simile. Ne leggiamo una perché così cerchiamo di capire... Per esempio, possiamo leggere questa, che dice “*Secondo noi Tommaso impiega 120s. Guardando il grafico noti che in basso a sinistra*” – in basso a destra (indica 120 sull’asse orizzontale) - “*c’è scritto e sopra c’è la fine del percorso*” (indica il punto di coordinate (120, 160) sul grafico). Quindi altri hanno ragionato così, cioè andando a vedere la fine del percorso. Per esempio questa risposta: “*Secondo noi per arrivare alla fermata dell’autobus ci mette 120s. Lo abbiamo capito perché abbiamo visto dove finiva la linea del percorso di Tommaso e vedendo la linea orizzontale, cioè la linea dove c’è il tempo espresso in secondi abbiamo capito che ci mette 120s*”... Tutto questo gruppo ha risposto 120. Questi bambini hanno risposto 120 perché hanno seguito il percorso, il grafico e sono andati a vedere dove finiva e hanno guardato l’asse orizzontale. Siete d’accordo sul fatto che ci impiega 120s? ...cioè di guardare fino alla fine nel grafico?

A: Io e F abbiamo ragionato che, se tu guardi la linea del 160, e vai avanti, a un certo punto c’è quell’angolo ottuso, che tu continui...

I: Questo? (indica la zona in prossimità del punto di coordinate (100,160) sul grafico)

A: Sì! E’ lì che arriva a 160m!

B: Ma c’è un altro pezzo!

A: Quell’altro pezzo, però, è sempre a 160m! E’ come se rimanesse, che ne so,...fermo! Perché a 160m arriva in quel punto (indica il punto (100,160) sul grafico). Quindi, se tu guardi sotto, è 100s! Perché quell’altra linea dritta (con la mano mima un tratto orizzontale)...quell’altra linea non è niente!

I: In che senso non è niente?

B: Cioè non percorre altri metri. E’ come se arriva alla fermata, si ferma e poi (la linea) continua così (mima un tratto orizzontale). Non è che percorre 160m e poi percorre 160m di nuovo!

Questo estratto mostra come l’insegnante, sin dall’inizio, chiarisca il criterio secondo il quale le risposte proiettate alla LIM sono state raggruppate. Successivamente chiede agli alunni di valutare la correttezza di queste risposte e delle motivazioni fornite, stimolando un allievo (A) ad attivarsi come risorsa per gli altri (strategia 4).

Invio e proiezione di schede di aiuto

Come abbiamo già osservato in precedenza, fornire feedback agli allievi risulta una fondamentale strategia di valutazione formativa (strategia 3 del modello di Black & Wiliam, 2009). In fase di discussione collettiva diversi feedback vengono forniti sia dall’insegnante che dagli allievi, attraverso il confronto e l’analisi dei protocolli proiettati. Un approccio che si è rivelato particolarmente efficace nell’attivazione di tale strategia è stato l’invio di schede di aiuto a coppie/gruppi di studenti e la successiva proiezione e discussione di tali schede.

L’insegnante invia una scheda di aiuto ad alcuni studenti dopo aver letto le loro prime risposte o dopo una richiesta esplicita di un aiuto da parte degli studenti stessi. Ricevere tali schede significa perciò ricevere feedback a due livelli: da un lato, gli studenti che ricevono una scheda di aiuto hanno modo di cogliere che la loro risposta necessita di essere migliorata (feedback sul compito), dall’altro lato i suggerimenti e le domande contenuti nella scheda di aiuto mirano a

condurre gli studenti a cogliere quale possa essere una strategia efficace di affrontare il problema che si trovano di fronte (feedback sullo svolgimento del compito).

La proiezione e discussione collettiva sulle schede di aiuto consente di attivare efficaci discussioni mirate a far sì che gli studenti che non hanno ricevuto l'aiuto riflettano sul significato dell'aiuto stesso, fornendo ulteriori feedback alle coppie/gruppi che l'hanno ricevuto. In questo caso possiamo parlare di feedback sull'autoregolazione perché la discussione è a livello meta-cognitivo e la comprensione del significato dell'aiuto fornito diventa un riferimento chiave per le attività future. L'esperienza svolta ci ha consentito di evidenziare la necessità di un supporto esplicito dell'insegnante nel far cogliere il senso dell'aiuto ricevuto, perché abbiamo registrato molta difficoltà nell'effettuare in modo autonomo questa importante operazione, soprattutto da parte degli studenti di livello basso.

Il seguente estratto, tratto da una discussione condotta in una seconda secondaria di primo grado, si riferisce all'attività "La camminata di Tommaso" (presentata in figura 2). La classe, in particolare, discute uno degli aiuti inviati ad alcuni allievi (figura 3).

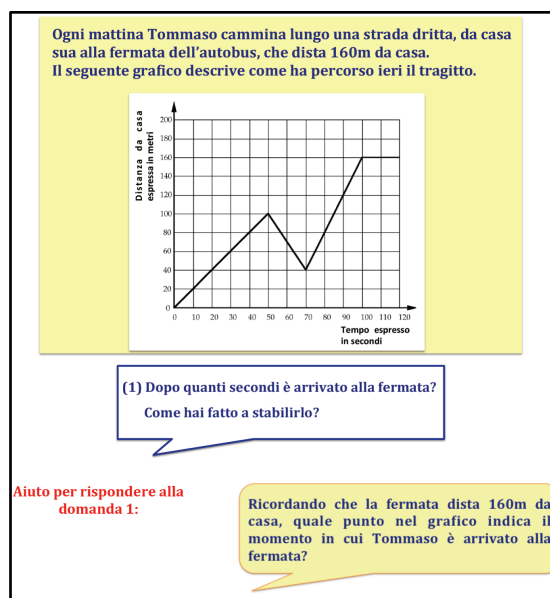


Figura 6 La scheda di aiuto fornita dall'insegnante ad alcuni gruppi di studenti

S: Ho letto dal tablet di M che c'era l'aiuto. L'ho guardato e diciamo che ti aiuta molto! Ti fa capire benissimo il testo.

I: L'aiuto era proprio quello di osservare un punto esatto: "Ricordando che la fermata dista 160m da casa, quale punto nel grafico indica il momento in cui Tommaso è arrivato alla fermata?". Questo era l'aiuto, cioè quello di focalizzare l'attenzione solo sul punto e non su tutta la linea precedente. A questo punto, uno dovrebbe dire: "Ah, sì! Guardo solo le coordinate di quel punto lì, che è l'unica cosa che mi interessa."

S: L'aiuto è molto "aiutante"!

Lo stralcio evidenzia come la discussione su uno degli aiuti, introdotta dalle riflessioni proposte dall'allieva S, abbia permesso all'insegnante (I) di mettere in luce il tipo di supporto fornito dall'aiuto stesso per interpretare correttamente il grafico.

Riflessioni conclusive

In questo lavoro, a partire dalla nostra esperienza nell'ambito del progetto Europeo FaSMEd, abbiamo evidenziato il supporto che la tecnologia digitale utilizzata ha fornito agli insegnanti, durante le attività sperimentali nelle classi, per realizzare efficaci processi di valutazione formativa, in un quadro nel quale la discussione e il confronto svolgono un ruolo chiave.

Relativamente alla nostra scelta di coniugare argomentazione e valutazione formativa, possiamo affermare che l'utilizzo della tecnologia si è rivelato due volte produttivo: in primo luogo, l'utilizzo del tablet ha motivato gli studenti alla

produzione di testi scritti (scrivere sul tablet è stato in generale apprezzato e percepito come meno faticoso rispetto alla scrittura su foglio di carta); in secondo luogo, la possibilità di proiettare i testi ha consentito un accurato lavoro argomentativo sulle produzioni scritte, permettendo così l'attivazione delle strategie di valutazione formativa individuate nei paragrafi precedenti. Inoltre, gli studenti sono divenuti via via più consapevoli dell'importanza di produrre testi corretti, completi e comprensibili anche al fine della successiva discussione di classe sulle produzioni: in questo senso, il fatto di lavorare sulle produzioni proprie e altrui ha permesso sia di *rendere espliciti i criteri per la valutazione di una buona argomentazione* (strategia 1 di valutazione formativa nel quadro di Black & Wiliam, 2009) sia di promuovere competenze di tipo metacognitivo (Schoenfeld, 1992).

Abbiamo, in particolare, evidenziato quattro diverse modalità di utilizzo della tecnologia in ottica di valutazione formativa: (1) utilizzo di sondaggi per il confronto tra risposte diverse; (2) proiezione di protocolli degli studenti e relativa discussione durante la lezione stessa; (3) proiezione di protocolli degli studenti, raccolti dall'insegnante al termine di una lezione, organizzati opportunamente, proiettati e discussi nella lezione successiva; (4) invio delle schede di aiuto agli studenti in difficoltà e discussione per tutti gli studenti.

Questi approcci si sono rivelati efficaci nel consentire all'insegnante di attivare la strategia 3 di valutazione formativa, ossia *"fornire feedback che consentano allo studente di migliorare"*. L'analisi delle lezioni ci ha permesso di mettere in luce anche altre modalità di fornire feedback, non evidenziate negli esempi che abbiamo presentato. Ad esempio, spesso le insegnanti hanno fornito feedback istantanei a specifiche coppie/gruppi di studenti intervenendo a livello individuale dopo aver ricevuto e letto i protocolli inviati dagli studenti oppure girando tra i banchi durante l'attività. In alcune classi, le insegnanti hanno anche fornito feedback scritti alle coppie/gruppi di studenti, inserendo commenti o semplici aiuti direttamente sui protocolli degli studenti. Questa tipologia di approccio è stata adottata nel caso in cui, nel corso di una lezione, il tempo per terminare il lavoro a coppie/gruppi non sia stato sufficiente. In questo caso, le coppie/gruppi ricevevano il feedback all'inizio della lezione successiva e veniva quindi lasciato loro il tempo di lavorare ancora sul proprio protocollo.

L'analisi degli esempi proposti e, più in generale, delle attività condotte nelle classi, ci ha permesso di mettere in luce come l'uso della tecnologia per la valutazione formativa, integrato in una metodologia di lavoro che metta al centro la riflessione e il confronto continuo con gli altri, consenta agli allievi di comprendere a che punto sono nel processo di apprendimento e quali strategie possono attivare per attuare miglioramenti. In particolare, l'uso così integrato della tecnologia può aiutare efficacemente gli *alunni* a: (a) cogliere meglio l'adeguatezza (o meno) delle proprie risposte; (b) capire come migliorare o correggere le proprie risposte; (c) confrontarsi con i compagni e capire le modalità di ragionamento degli altri.

La nostra analisi ci ha inoltre permesso di evidenziare come l'uso della tecnologia per la valutazione formativa consenta *all'insegnante* di modificare il proprio approccio con l'obiettivo di sostenere meglio i propri allievi nel processo di apprendimento. In particolare, alla luce delle nostre sperimentazioni, l'uso della tecnologia ha grandi potenzialità per: (a) permettere all'insegnante di cogliere più rapidamente le difficoltà degli alunni; (b) supportare l'insegnante nel guidare meglio gli alunni a capire cosa possono fare per migliorare o correggere le proprie risposte; (c) semplificare la gestione delle discussioni di classe mirate all'analisi e al confronto degli elaborati degli alunni.

Se da una parte l'introduzione di nuovi strumenti tecnologici richiede un processo di strumentazione faticoso che gli insegnanti sono a volte o spesso restii a intraprendere, dall'altra parte i nostri risultati mostrano che le potenzialità offerte dalle *connected classroom technology* possono essere coniugate con obiettivi di apprendimento di livello alto, come quelli inerenti l'argomentazione, e sfruttate positivamente per favorire i processi di insegnamento-apprendimento della matematica in ottica di valutazione formativa.

Acknowledgement

La ricerca che ha condotto ai risultati qui presentati è stata finanziata dal VII Programma Quadro della Comunità Europea fp7/2007-2013, grant N° 612337.

Ringraziamenti

Ringraziamo gli insegnanti che hanno partecipato alle sperimentazioni del progetto FaSMEd in Italia: Bastino Graziella, Caldarazzo Enrica, Canale Pierangela, Carofilo Anna Lisa, Cascio Gabriella, Coriano Claudia, Gai Gabriella, Gazzano Tiziana, Gioelli Irene, Grossi Tiziana, Longo Giuseppe, Mantovani Chiara, Migliano Paola, Panucci Elisabetta, Pinto Concetta, Pron Monica, Quaglia Elena, Rollè Simona, Rosso Ombretta, Testera Monica, Vittone Daniela, Zignego Emanuela. Un ringraziamento speciale agli studenti di tutte le classi coinvolte, per il loro impegno ed entusiasmo.

Bibliografia

- Azmon, S., Hershkowitz, R., & Schwarz, B. (2011). The impact of teacher-led discussions on students' subsequent argumentative writing. *Proceedings of PME 35*, 2, 73-80.
- Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), pp. 5-31.
- Boero P., ed. (2007). *Theorems in school. From history, epistemology and cognition to classroom practice*. Rotterdam: Sense publishers.
- Boero, P., Garuti, R., & Mariotti, M. A. (1996). Some dynamic mental processes underlying producing and proving conjectures. *Proceedings of PME 20*, 2, 121-128.
- Collins, A., Brown, J.S., & Newman, S.E. (1989). Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing and Mathematics! In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, Learning, and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser* (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cusi, A., Malara, N.A., & Navarra, G. (2011). Early Algebra: Theoretical Issues and Educational Strategies for Bringing the Teachers to Promote a Linguistic and Metacognitive approach to it. In J. Cai, & E.J. Knuth (Eds.), *Early Algebraization: Cognitive, Curricular, and Instructional Perspectives* (pp. 483-510). Berlin Heidelberg: Springer.
- De Luca, M., Demartini, L., Migliano, P., Savioli, K., Serratore, E., Vio, E. (Eds.) (2008). *Argomentare: un "laboratorio" per le competenze*. AVIMES-VALMAT.
- Douek, N. (2006). Vygotsky's everyday concepts/scientific concepts dialectics in school context: a case study. *Proceedings of PME 30*, 2, 449-456.
- Fiorini, R., Marchi, S., Nasi, R., e Stefani, P. (2006). *Unità 9 - Verso le funzioni*. Collana "Progetto ArAl". Revisione scientifica a cura di N.A. Malara. Pitagora ed.
- Garuti, R., Boero, P., Lemut, E., & Mariotti, M. A. (1996). Challenging the traditional school approach to theorems: a hypothesis about the cognitive unity of theorems. *Proceedings of PME 20*, vol. 2, pp. 113-120. Valencia, Spain: PME.
- Hattie, J., & Temperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112.
- Irving, K.I. (2006). The Impact of Educational Technology on Student Achievement: Assessment of and for Learning. *Science Educator*, 15(1), pp. 13-20.
- Levenson, E. & Barkai, R. (2013). Exploring The Functions Of Explanations In Mathematical Activities For Children Ages 3-8 Year Old: The Case Of The Israeli Curriculum. *Proceedings of CERME 8*, scaricabile online: http://cerme8.metu.edu.tr/wgpapers/WG13/WG13_Levenson.pdf.
- MIUR (2012). *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione*. Annali della Pubblica Istruzione, Numero Speciale. Le Monnier.
- Radford, L. & Demers, S. (2006). *Comunicazione e apprendimento. Riferimenti concettuali e pratici per le ore di matematica*. Bologna: Pitagora Editrice. (Ed originale: Radford, L. & Demers, S., *Communication et Apprentissage. Repères conceptuels et pratiques pour la salle de classe de mathématiques*.)
- Robuti, O. (2010). Graphic calculators and connectivity software to be a community of mathematics practitioners. *ZDM Mathematics Education*, 42, 77-89.
- Roschelle, J., Penuel, W.R., & Abrahamson, L. (2004). The networked classroom. *Educational Leadership*, 61(5), 50-54

- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. In D. Grouws (Ed.), *Handbook for research on mathematics teaching and learning* (pp. 334–370). New York: Macmillan.
- Stylianides, A. J., Bieda, K. N., & Morselli, F. (2016). Proof and argumentation in mathematics education research. In A. Gutiérrez, G. C. Leder, & P. Boero (Eds.), *The Second Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education* (pp. 315-351). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.